GEOMORPHOLOGIE IM MITTELLÄNDISCHEN REUSSGLETSCHERGEBIET

INAUGURAL-DISSERTATION

zur
Erlangung der Philosophischen Doktorwürde
vorgelegt der
PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT II
der
UNIVERSITÄT ZÜRICH

von
ULRICH FELIX LÄUPPI
von Gränichen
(Kt. Aargau)

Begutachtet von den Herren
Prof. Dr. A. Bögli
Prof. Dr. G. Furrer

Zürich 1983

S. Lötscher, Druck + Kopie, Luzern

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507201_0054

GEOMORPHOLOGIE IM MITTELLÄNDISCHEN REUSSGLETSCHERGEBIET

INAUGURAL-DISSERTATION

zur
Erlangung der Philosophischen Doktorwürde
vorgelegt der
PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT II
der
UNIVERSITÄT ZÜRICH

von
ULRICH FELIX LÄUPPI
von Gränichen
(Kt. Aargau)

Begutachtet von den Herren
Prof. Dr. A. Bögli
Prof. Dr. G. Furrer

Zürich 1983

S. Lötscher, Druck + Kopie, Luzern

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 1

1. Einleitung 4

Abschnitt 1 - ARBEITSGRUNDLAGEN UND VERFAHREN

2. Arbeitsgebiet

2.1 Topographischer Ueberblick 4
2.2 Geologischer Ueberblick 6

3. Vorhandene Grundlagen

3.1 Vorangehende Literatur 8
3.2 Geologische Karten 11
3.3 Luftbilder 12
3.4 Bohrungen 12
3.5 Schweremessungen 13

4. Vorgehen

4.1 Höhenkarte der Felsoberfläche des Anstehenden . 15
4.2 Bodensondierungen 17

4.2.1 Bohrverfahren 17
4.2.2 Uebertragung der Bohrergebnisse in die topographische Karte 1 : 25.ooo 2o

4.3 Grundwasserhöhenkarte mit Eintragung des Chemismus 21
4.4 Gravimetrie

4.4.1 Das Untersuchungsprogramm 23
4.4.2 Apparate 26
4.4.3 Feldarbeit 27
4.4.4 Theoretische Auswertung 28
4.4.5 Praktische Auswertung am Beispiel Profil Nr. 56, Boswil 33
4.4.6 Ergebnisse der Gravimetriemessungen . . . 48

4.5 Talprofile und Blockdiagramme 54

Abschnitt 2 - GEOMORPHOLOGISCHE TALBESCHRIEBE 58

5. Region Luzern - Schlüsselpunkt für die Mittelland-Quertäler vom Wigger- bis zum Seetal 58

6. Westliche Randzone der würmeiszeitlichen Vergletscherung des Luzerner Alpenvorlandes und deren Abflussrinnen 71

7. Das Suhrental, incl. Wauwilermoos, Uffikermoos und die Region Sursee bis Rickenbach 8o

8. Das Wynental, incl. der Transfluenz bei Reinach aus dem Seetal 92

9. Das Seetal 1o1

1o. Der Reusseisvorstoss über das Zugerseegebiet 111

1o.1 Das Zugerseegebiet 119

1o.2 Das Reuss- und Bünztal und die östlichen Randgebiete des Reussgletschers 129

11. Zusammenfassung 155

12. Anhang

Literaturverzeichnis 16o

Lebenslauf 165

Vorwort

Die Grundidee, Bohrresultate und Ergebnisse von technischen und physikalischen Untersuchungen des Untergrundes für das Verständnis der Geomorphologie, Geologie und Hydrologie zuzuziehen, ist mir während meiner Jahre als Tiefbauingenieur bei der Firma SWISSBORING in Zürich gekommen. Ich war in den Jahren 1968-72 auch Leiter der Abteilung Sondierungen und Filterbrunnen dieser Firma. Damals beeindruckte mich, wie sich in nur wenigen Jahren aus den verschiedenen Regionen viele Bohrinformationen - mit grossen Anstrengungen und Kostenaufwand - ansammelten.

Durch Erfassung möglichst vieler punktweiser Sondier- und Messresultate versuchte ich das Verständnis über eine Region zu vertiefen. Dabei richtete ich mein Hauptaugenmerk auf die Geomorphologie.

Als Region wählte ich die Gegend nahe meinem jetzigen Wohn- und Arbeitsort, das Gebiet, das ehemals vom Reussgletscher und Brüniglappen des Aaregletschers bedeckt war. Dies, damit ich einerseits während meiner jetzigen Lehrtätigkeit schnell im Feld sein konnte und andererseits, da noch keine analoge wissenschaftliche Arbeit in dem Gebiet durchgeführt wurde.

Während den Jahren 1976 - 1982, in denen ich die verschiedenen Unterlagen sammelte, Feldarbeiten durchführte und die Ergebnisse auswertete, wurde ich freundlicherweise bestens unterstützt. Ich danke an dieser Stelle allen Gemeinde-Vertretern, bei denen ich in den Archiven nach Akten suchen konnte, resp. die mir die gewünschten Unterlagen heraussuchten und zur Verfügung stellten.

Speziellen Dank richte ich an Herrn P. Baumann, dipl. Ing. ETH, Chef des Kant. Gewässerschutzamtes Luzern, Herrn G. Weilenmann, dipl. Ing. ETH, Kant. Tiefbauamt Zug und Herrn R. Baumann, Ing. ETH, Mitarbeiter im Kantonalen Tiefbauamt Aargau, die diese Arbeit ausserordentlich unterstützten.

Weiter gilt mein Dank den verschiedenen Abteilungsleitern der drei Kantone, in denen die gravimetrischen Profile liegen, die grünes Licht gaben, dass sämtliche erforderlichen Nivellierungsarbeiten kostenlos ausgeführt wurden.

Ohne Unterstützung des Institutes für Geophysik der ETH, Zürich wären die Gravimetrieprofile nicht zustandegekommen. Ich danke den Herren Dr. E. Kissling und H. Schwendener für ihre Mitwirkung bei den Schweremessungen und der Datenaufbereitung bis zu den Bouguer-Anomalien.

Herrn Prof. Dr. R. Hantke vom geologischen Institut der ETHZ danke ich für seine wertvollen Hinweise und Anregungen. Speziellen Dank möchte ich auch an Herrn Dr. H. Lorenz, Geologe, Luzern richten, der mir während den Arbeiten mit Rat beistand.

UNIV. LUZERN BIB.

Herr Dr. M. Küttel, Universität Hohenheim, bearbeitet z.Z. im Gebiet ehemaliger Reussgletscher Bohrkernproben pollenanalytisch. Ich konnte ihn auf interessante Bohrkampagnen aufmerksam machen und ihm von einigen Bohrkernen Proben überreichen, die er präzise analysierte. Besten Dank!

Hölzer oder Ueberreste organischer Substanzen, aus Bohrungen gefunden, wurden freundlicherweise im ^{14}C-Labor der Universität Zürich auf ihr absolutes Alter bestimmt. Besten Dank den Herren Dr. W. Keller und R. Erne für ihre Arbeit.

Bei den fotographischen und graphischen Arbeiten unterstützten mich Herr U. Bütler, Fotograph, Luzern und Herr W. Vollak, Graphiker, Adligenswil.

Für das finanzielle Entgegenkommen und für die saubere Erstellung der Vierfarbenlithos danke ich Herrn E. Kreienbühl, Clichés, Luzern herzlich.

Damit die Längs- und Querprofile möglichst genau gezeichnet werden konnten, mussten sie im Masstab 1 : 25.000 erstellt werden. Die präzise Verkleinerungsarbeit von den grossen Plänen auf Buchformat M 1 : 100.000 wurde von der Firma MULTIREFLEX, Luzern entgegenkommenderweise zu einem Spezialpreis übernommen.

Dazu meinen besten Dank an die Damen und Herren, die mir in den folgenden Sparten sehr halfen:

a) Sammeln von Bohrunterlagen:
- Herr Dr. E. Merki, Chef Abteilung Gewässerschutz, Aarau
- Herr H. Rey, Abt. Gewässerschutz, Aarau
- Herr Dr. P. Stadelmann, Kant. Gewässerschutzamt Luzern
- Herr H. Troxler, Kant. Gewässerschutzamt Luzern
- Herr L. Claassen, Abt. Wasserbau, Schwyz
- Herr B. Schmid, Abteilungsleiter Kant. Gewässerschutzamt, ZH
- Herr K. Fehr, Kant. Gewässerschutzamt Zürich
- Herr P. Villiger, Stabstelle Wasser, Wasserwerke Zug AG
- Herr W. Käslin, Chef Tiefbau SBB Kreis II, Luzern
- Herr P. Wolf, Chef Nationalstrassen, Baudepartement, Schwyz
- Herr J. Gasser, Baudepartement, Schwyz
- Herr H. Schwegler, dipl. Ing. ETH, Kantonsingenieur, Zug
- Herr U. Schuler, Nationalstrassenbüro Kt. Zug
- Herr E. Meiszterics, Tiefbauamt Kt. Zug
- Herr St. Kopp, dipl. Ing. ETH, Kant. Tiefbauamt Luzern
- Herr Dr. G. Torricelli, Leiter der Schweizerischen Geologischen Dokumentationsstelle, SGD, Bern
- Herr Dr. E. Blumer, Geologe, SGD, Bern
- Frau M. Falke, SGD, Bern
- Herr C. Racine, Rodio Grundbau-Technik AG, Zürich
- Herr P. Stalder, Geographe, Winterthur
- Herr Dr. M. Freimoser, Geotech. Büro Dr. von Moos, Zürich
- Herr Dr. Th. Kempf, Geotech. Büro Dr. Jäckli, Zürich
- Herr Dr. R. Moser, Geologe, Zürich
- Herr E. Müller, Büchi und Müller AG, Frauenfeld
- Herr Dr. U. Schär, Geologisches Büro, Zürich
- Herr Dr. L. Wyssling, Geologe ETH, Pfaffhausen
- Herr R. Mengis, Büro Mengis und Schmidt, Luzern
- Herr Dr. H.G. Lorenz, Büro Mengis und Schmidt, Luzern
- Herr H.E. Schmid, Ing. Büro, Zürich
- Herr E. Plüss, Ing. Büro Plüss und Meier, Luzern
- Herr Dr. P. Crettaz, Fa. Swissboring AG, Volketswil
- Herr R. Luthiger, Fa. Dicht AG, Luzern

b) Chemismus des Grundwassers:
- Herr Dr. J. Wicky, Kantonschemiker, Luzern
- Herr A. Gassmann, Chem. Laboratorium Kt. Luzern
- Herr Dr. H.R. Weilenmann, Kantonschemiker, Aarau
- Herr Dr. M. Stähelin, Chem Laboratorium, Aarau
- Herr Dr. T. Burki, Chem. Laboratorium, Aarau
- Herr H.R. Mächler, Laboratorium der Urkantone, Brunnen
- Herr R. Beck, Kant. Laboratorium Zug, Steinhausen
- Herr P. Schwyter, stud. Ing. ETH, Luzern

c) Vermessung:
- Herr H. Schild, Abt. Tiefbau, Vermessungsbüro, Aarau
- Herr P. Walter, Abt. Tiefbau, Vermessungsbüro, Aarau
- Herr G. Hasselbach, Tiefbauamt Kt. Zug, Zug
- Herr J. Estermann, Vermessungsbüro A. Aregger, Beromünster

d) Geophysik:
- Herr Prof. Dr. St. Müller, Vorsteher Institut für Geophysik ETH, Zürich
- Herr Dr. N. Pavoni, Institut für Geophysik, ETH, Zürich
- Frl. Ch. Gerber, Stud. Natw. ETH, Aegeri
- Herr U. Gernet, Kant. Gewässerschutzamt Luzern
- Herr St. Läuppi, Kriens
- Herr D. Britschgi, Stud., Kriens
- Herr J.F. Clemence, Stud., Luzern
- Frl. M. Clerici, Stud., Luzern
- Herr R. Kupper, Stud., Kriens

Dem Erziehungsrat des Kantons Luzern und den Schulleitern der Abteilungen, an denen ich an der Kantonsschule Luzern unterrichte, Herrn Rektor R. Fischer und Herrn Rektor K. Schönbächler danke ich für ihr Entgegenkommen während der Arbeit.

Den verehrten Professoren am Geographischen Institut der Universität Zürich spreche ich hier meinen besonderen Dank aus für ihre persönliche Anteilnahme an diesen Untersuchungen. Ich gedenke Herrn Prof. Dr. H. Boesch, der mich im Jahre 1976 ermunterte, die Arbeit anzupacken. Herrn Prof. Dr. G. Furrer danke ich für sein Interesse und seine Unterstützung. Besonders herzlichen Dank spreche ich Herrn Prof. Dr. Alfred Bögli aus, unter dessen Leitung diese Dissertation zustande kam, für seine Anregungen, seine lehrreichen Diskussionen und für seine zahlreichen Ratschläge.

Mein grösster Dank aber gilt meiner Familie. Ohne das grosse Verständnis und die unermüdliche Unterstützung meiner Frau, wäre die Arbeit nie zustande gekommen.

Kriens, im Frühjahr 1983

1. Einleitung

Die Hauptzielsetzung dieser Arbeit bestand darin, die Lage der Felsoberfläche in den Tälern zwischen Wigger und Reuss, resp. Reppisch mit Hilfe verschiedener Arbeitsmethoden zu eruieren. Dazu sollte eine Korrelierung der hochwürmzeitlichen Gletscherstände mit ihren Akkumulationen gefunden werden. Prähochwürmzeitliche Ablagerungen in den Tälern, (die von den hochwürmzeitlichen Gletschern nicht ausgeräumt wurden) sollten lokalisiert werden, ohne dieselben chronostratigraphisch zu gliedern. Präwürmzeitliche Akkumulationen an den Talhängen werden in der Arbeit nicht untersucht und in den Graphiken nicht eingezeichnet.

Als Studiengrundlagen dienten mir geologische Karten, um Gebiete mit anstehendem Fels zu lokalisieren, Felsbeschaffenheit, Stratigraphie, tektonisch bedingte Strukturen, etc. zu verstehen. Vor allem aber sollten Informationen von ausgeführten Sondierbohrungen die Hauptaufgabe lösen.

Bei der systematischen Sammlung von Unterlagen kam ein umfangreiches Datenmaterial zusammen. Es zeigte sich im Verlauf der Arbeit, dass die Bohrresultate allein für die Lösung der Hauptaufgabe nicht genügten, so dass weitere Arbeitsmethoden herangezogen werden mussten. Für die Eruierung der Quartärbasis führte ich deshalb geophysikalische Felssondierungen durch.

Bei der Beschreibung der Eisstände im Spätwürm übernahm ich die Nomenklatur des Limmattales. Das erste Rückzugsstadium aus dem Würmmaximalstand nenne ich durchwegs "Schlieren-", das zweite "Zürich-" und das dritte "Hurdenstadium".

Abschnitt 1 - ARBEITSGRUNDLAGEN UND VERFAHREN

2. Arbeitsgebiet

2.1 Topographischer Ueberblick

Das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Gebiet liegt in den Kantonen Luzern, Schwyz, Zug, Zürich und Aargau. Die Abgrenzungen bilden

auf der Südseite der Vierwaldstättersee ab Brunnen und der Nordhang der Randkette des Pilatus

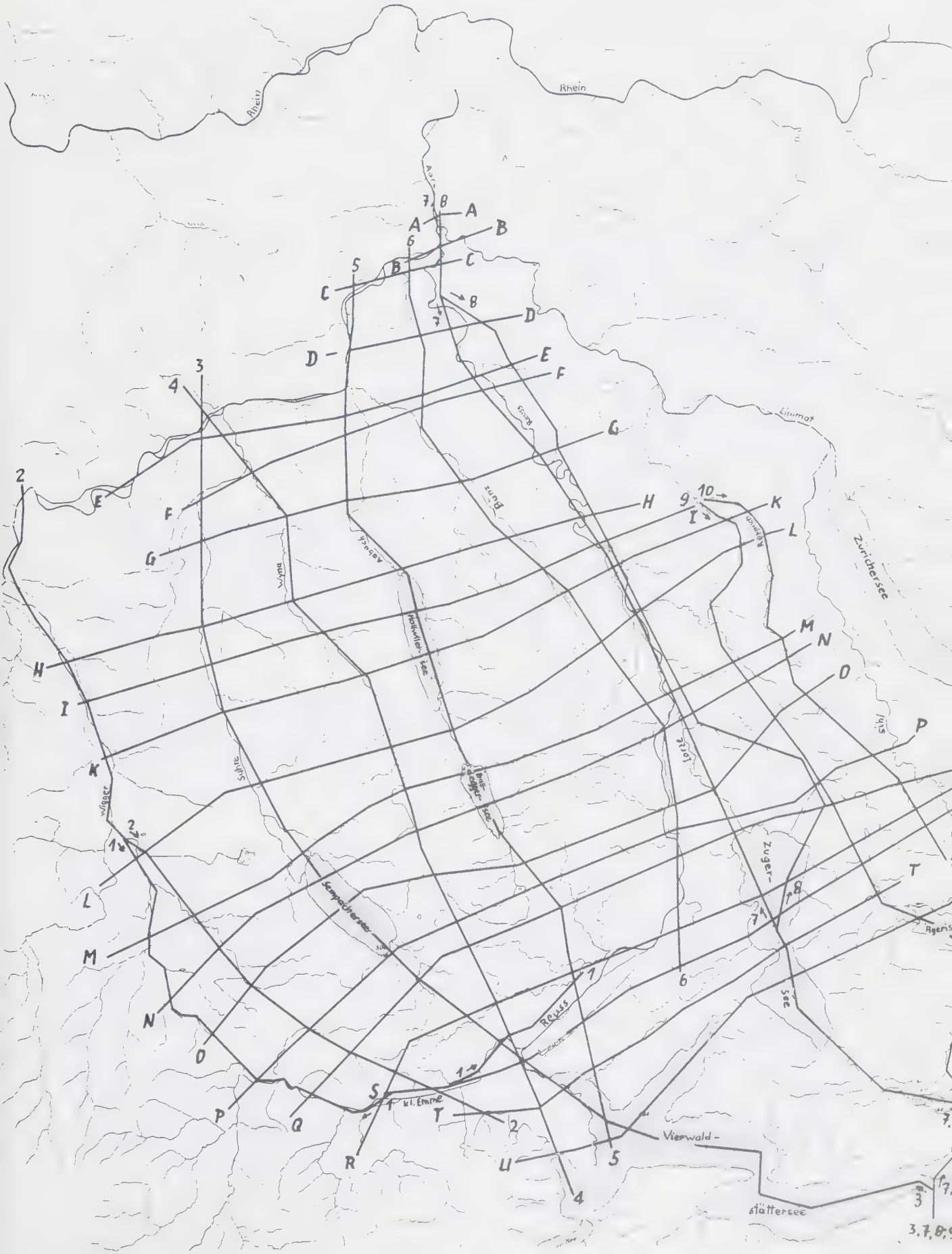
auf der Westseite das Napfbergland und das Luthern-Wiggertal bis zur Einmündung des Aaretals

auf der Nordseite die Jurahänge nördlich der Aare

und auf der Ostseite die Einmündung der Limmat in die Aare, Baregg, Heitersberg, Albiskette, Hochplateau von Menzingen bis zum Aegerisee.

Die in die Gewässernetzkarte (vgl. nächste Seite) eingezeichneten Profillinien markieren das Arbeitsgebiet.

Gewässernetzkarte des Untersuchungsgebietes mit den eingezeichneten Profillinien A bis U und 1 bis 10 (verkleinert auf den Massstab ca. 1 : 300.000).



2.2 Geologischer Ueberblick

Im untersuchten Raum findet man Felsformationen von folgenden geologischen Zeitaltern:

Jura und Trias

Die Nordbegrenzung des Arbeitsgebietes bildet der Faltenjura. Nördlich wird das Wiggertal begrenzt (bei der Einmündung der Wigger in die Aare) durch die Antiklinale des Born und des Engelberges mit dem markanten Aaredurchbruch zwischen Aarburg und Olten.

Nördlich der Aare zwischen Olten, Aarau und Wildegg bilden Dottenberg, Rebenflue, Gugen, Egg, Homberg und Gisliflue 7oo - 95o m hohe "Gewölbe". An deren Südflanken sind durchwegs Malmablagerungen anstehend, die meist nach Süden einfallen. In diesem Teil stossen Suhretal, Wynatal und Seetal bis zum Jura vor.

Oestlich des zweiten Juradurchbruches der Aare ist als östlicher Ausläufer des Faltenjuras die Antiklinalstruktur des Chestenberges zu nennen, wo hauptsächlich mächtige Effingerschichten anstehen. Das Bünztal verläuft in Richtung Chestenberg. Die Bünz fliesst nicht von Othmarsingen beim brüsken Ostende dieser Jurakette bei Brunegg Richtung Hausen - Brugg, sondern macht einen Knick nach Westen und fliesst bei Wildegg in die Aare.

Oestlich davon befindet sich eine weitere Antiklinalstruktur, die der Lägern. Im Untersuchungsgebiet erscheint der Triaskern der Antiklinale nach oben geöffnet, sodass zudem von innen nach aussen auch Lias, Dogger und dann wiederum Malm anstehen. Im unteren Reusstal durchbricht die Reuss bei Mülligen-Birmenstorf bis Gebenstorf diese Trias-Juraformationen.

Kreide

Am Südrand des Untersuchungsgebietes wird die Randkette der helvetischen Decken mit ihren Kreideserien auf den subalpinen Flysch überschoben. Dazu gehören Pilatuskette, Bürgenstock, Vitznauer- oder Gersauerstock, Hochflue, Urmiberg.

Tertiär

Zwischen diesen nördlichen und südlichen Formationen des Juras, bzw. der Alpen bilden die Tertiärsedimentgesteine den anstehenden Fels, in der Molassefacies.

Stratigraphisch lassen sich die Molasseablagerungen in eine untere Meeresmolasse, eine untere Süsswassermolasse, obere Meeresmolasse und schliesslich in eine gegen Napf- und Hörnligebiet mächtig werdende obere Süsswassermolasse gliedern.

Generell wird eine subalpine und eine mittelländische Molasse unterschieden.

Am Ende der alpinen Orogenese erfolgte auch nahe dem Alpennordrand in der subalpinen Molasse eine Faltung, Aufschiebung und Schuppung der Sedimente des Molassebeckens.

Bei der Gliederung der subalpinen Molasse wird von einer inneren (südlichen) "aufgeschobenen Molasse" und einer äusseren "gefalteten Molasse" gesprochen. Die innere Zone ist sehr stark gefaltet, meist aber geschuppt. Wo grosse Nagelfluhmassen, wie bei Rigi oder Rossberg, vorherrschen, wurden sie en bloc aufgeschoben.

Die Grenze zwischen der innern und äussern Zone in der subalpinen Molasse zieht J. KOPP (1955) über Eigental, Dorschnei, Chrienseregg, Grisigen am Pilatusnordhang über Dickewald bei Horw in den Chrüztrichter und Küssnachterarm über Walchwil zum Aegerisee.

Die äussere Zone wurde unter dem Druck der Schuppen in steile Falten gepresst und wie oben beschrieben, teils noch mächtig überfahren. Bei der Zusammen- und Ueberschiebung kam es zur Bildung von Querbrüchen, durch deren Mulden den später vorrückenden Eismassen die Hauptwege vorgezeichnet wurden.

Analog dazu, jedoch viel weniger ausgeprägt, lässt sich am Rand des Kettenjuras subjurassische Molasse beobachten.

Die Grenze zur mittelländischen Molasse geht im Süden über Schwarzenberg, Littau, Luzern, Adligenswil, Udligenswil, Risch, Oberwil, Allenwinden, südlich Menzingen nach Hütten. (J. KOPP, 1955).

Nördlich, zum Jurafuss verläuft sie von Oftringen über Safenwil, Kölliken, Suhr, Niederlenz nach Fislisbach.

Dazwischen liegt das ausgedehnte Gebiet der mittelländischen Molasse. Ganz am Südrand ist sie bis zur Senkrechtstellung aufgebogen (nordwestlich von Luzern sogar leicht gegen Norden überkippt). Meist ist sie aber fast horizontal gelagert. Strukturell zeichnen sich eine Reihe flacher Antiklinalen und Synklinalen ab (R. HANTKE, 1967). Die W-E bis WSW-ENE verlaufenden Faltenachsen werden von Brüchen durchsetzt. U.P. BUECHI (1959) beschreibt im Reuss- und Bünztal grabenbruchartige Senkungsfelder.

Entlang solcher Bruch- resp. Grabenzonen fanden die später vorrückenden Gletscher der zwei letzten Eiszeiten ihre "Hauptstrassen" auf dem Weg gegen Norden. Anderseits bildeten die Kuppen zwischen den Gräben für das vorstossende Eis Hindernisse. Dadurch wurden die Eismassen in Teilzüge aufgespaltet.

Quartär

Die Sedimente des Quartärs, glazial, fluvial oder limnisch entstanden, bedecken den überwiegenden Teil des Untersuchungsgebietes. Auf die Art und die Mächtigkeiten dieser Ablagerungen soll in den Spezialkapiteln eingegangen werden.

3. Vorhandene Grundlagen

3.1 Vorangehende Literatur

- Frey O. (19o7): Talbildung und glaziale Ablagerungen zwischen Emme und Reuss

  In diesem umfassenden Werk beschrieb der Autor zahlreiche Feldbeobachtungen. Dabei lokalisierte und gliederte er zeitlich in seinem Untersuchungsgebiet von der Luthern bis zur Reuss Moränenzüge, ältere und jüngere Deckenschotter, Hochterassen- und Niederterrassenschotter. An Hand einer grossen Informationsfülle zog er Rückschlüsse auf die Akkummulationstätigkeit während den Eiszeiten und die Erosionstätigkeiten während den Interglazialzeiten. Frey durchdachte weiter die Entwässerungsverhältnisse in den verschiedenen Bildungsphasen und -zeiten der Molasse, sowie im Pleistozän und Holozän. Er fand dabei, es sei schade, dass die Tiefe der Einschnitte im Fels und die Mächtigkeit der Lockergesteinsauffüllungen nicht bekannt sei. Nach seiner Ansicht hatten die Mindel- und die Rissgletscher in unserem Gebiet ungefähr die gleiche Ausdehnung. Aus der Natur der Gerölle schloss er, dass in der Mindelzeit auch ein alter Reussgletscher das Untersuchungsgebiet bedeckte.
  Bei der Frage der Hauptdurchtalung des Molasselandes im Mindel-Riss-Interglazial schrieb er von einem präglazialen alten Tal zwischen Rigi und Rossberg, folgerte, dass die Reuss via Küssnacht nach Norden floss und vermutete einen Durchgang über Steinhausen nach Maschwanden ins heutige Reusstal. Aus der Lagerung der Hochterrassenschotter schloss er, dass zu Beginn ihrer Entstehung das Relief unseres Gebietes vom gegenwärtigen nicht erheblich verschieden war, d.h. dass die Hauptdurchtalungen des Mittellandes zwischen Emme und Reuss prärisseiszeitlich seien.
  Nach Einbezug auch der letzten Eiszeit kam er zum Schluss, dass die Gletscher nicht bloss durch Ablagerung ihrer Moränetrümmer, sondern in ungleich höherem Masse durch aktive Abtragung der Molasse umgestaltend auf die präglazialen Terrainoberflächen einwirkten.
  Einige regionale Ueberlegungen aus dem Buch seien hier noch zusammengefasst:

  Gebiet Kleinemmetal-Wolhusen-Wiggertal: Der Autor nahm an, dass der Reussgletscher sich talaufwärts bis gegen Wertenstein vorschob und dadurch der kleinen Emme den Weg gegen Osten verrammelte, so dass sie durch eine Rinne von Wolhusen über Menznau nach Norden abfloss. Als das Eis den Talweg gegen die Reuss wieder freigab, verliess die kleine Emme ihre glaziale Rinne und diese wurde zum Torso. Hingewiesen wird im Buch auch auf drei Durchbrüche, nämlich den Bilbach, der bei Ruswil einen markanten Knick macht und durch eine Lücke bei Hohrüti abfliesst, und nordwestlich davon, bei Buholz und Stätenbach zwei ähnliche "trockene Lücken", durch die in der Eiszeit Schmelzwasser abfloss.

Suhretal: Der Autor überlegte an Hand von"Ueberresten" des Hauptarms im Suhretal, resp. des Mauenseenebenarmes, wie sich die Gletscher in dem Gebiet "entfalteten" und folgerte, dass bei Sursee eine unter Diluvialschutt begrabene Molasseschwelle - die dem Eis einen ungehemmten Eintritt ins Tal des Mauensees versperrte - vorhanden sein müsse.

Reuss-Bünztal: Der Autor stellte fest, dass die Wasserscheide zwischen Bünz- und Reusstal im Süden auf Moräne, weiter nordwärts auf Molasse liege. Da sich die tiefste Stelle des Moränerückens zwischen dem Bünzermoos und Althäusern nur 15m über das mittlere Niveau des Mooses und 7o m über den Reuss-Spiegel bei Jonen erhebt, glaubt er nicht an eine Talbifurkation am Ende der letzten Eiszeit.

Gegend Küssnacht: Frey glaubte an einen Zusammenhang zwischen Zuger- und Vierwaldstättersee bei Küssnacht-Immensee, trotzdem die Seen durch einen minimal 56m über dem Zugerseespiegel gelegenen Rücken getrennt sind. Doch die wasserscheidende Höhe zeige an der Oberfläche nur Glazialschutt und beim Bau der Gotthandbahnlinie sei zwischen Rütihof und dem Weiler Ober-Immensee auf einer 1,6 km langen Strecke nur Gletscherschutt angetroffen worden. Darnach erscheine die Existenz einer während der letzten Eiszeit zugeschütteten Kommunikation zwischen den beiden Seebecken an dieser Stelle nicht ausgeschlossen, würde jedoch eine gewaltige Moränenauffüllung zur Voraussetzung haben.

Frey kam gesamthaft zur Ueberzeugung, dass die ausschleifende und abhobelnde Wirkung des diluvialen Eises das Relief des überfluteten Molasselandes wesentlich beeinflusste, dass die Gletscher zwar keine Täler neu geschaffen hatten, sondern dass die aus den Alpen hervorbrechenden Eismassen in die vorhandenen Talrinnen eindrangen und diese durch Gletschererosion prägten.

- Annaheim H., Bögli A., Moser S. (1958): Die Phasengliederung der Eisrandlagen des würmeiszeitlichen Reussgletschers im zentralen schweizerischen Mittelland.

  Die drei Autoren gliederten in meinem Untersuchungsgebiet die würmeiszeitlichen Gletscherstände und teilten sie zeitlich ein.

- Jäckli H. (1956): Talgeschichtliche Probleme im aargauischen Reusstal.

  Es wurden quartäre Erosions- und Akkumulationsvorgänge im Reusstal dargestellt und zeitlich gegliedert. Der Autor sprach von einem altpleistozänen Reusslauf über Küssnacht-Zug-Knonau-Maschwanden. Dazu gliederte er die "Mittelterrassenschotter" bei Stetten und zwischen Reuss- und Bünztal ein.

- Gretener P. (1954): Schweremessungen nordwestlich von Zürich und ihre geologische Interpretation.

  In dieser Dissertation wurde eine Schwerekarte über ca. 5oo km^2 Fläche mittels Schweremessungen von 78o Stationen

erstellt. Die flächenhafte Verteilung der Messpunkte betrug somit ca. 1,5 pro km^2. Die primäre Aufgabenstellung, ob infolge Dichteunterschied zwischen Kalk- und Molassesedimenten der unterirdische Fortlauf der Lägern-Antiklinale festgestellt werden könne, wurde erfüllt. (Die Dichten dieser Sedimentgesteine liessen sich ziemlich genau berechnen.) Gleichzeitig wurde dabei die sekundäre Frage aufgeworfen, ob an Hand der Schwerekarte neue Erkenntnisse über den geologischen Aufbau des Gebietes gewonnen werden könne. Dabei stiess der Autor auf lokale, negative Schwereanomalien, die er als Folge von Quartäraufführungen deutete und erstellte eine "Quartärkarte". Da die Dichten des Lockergesteins nicht genau bekannt waren, führte Gretener keine absoluten Angaben über Quartärmächtigkeiten an, sondern beliess es bei den negativen Schwereanomalien, die er in die Quartärkarte einzeichnete.

- Gassmann F. (1962): Schweremessungen in der Umgebung von Zürich

  In dieser Arbeit wurden vor allem gravimetrische Messungen im nordöstlichen Teil des Kantons Zug durchgeführt. Die Anordnung der Mess-Stationen war - wie in der Arbeit Gretener - flächenhaft verteilt.
  Man kam zur Erkenntnis, dass eine direkte Beziehung zwischen den negativen Schwereanomalien und Quartärmächtigkeit bestehe. N. Pavoni schrieb in diesem Werk ein interessantes Kapitel über "Geologische Interpretation der lokalen Bouguerschen Schwereanomalien". Darin wurden die oft mehrere Hundert Meter mächtigen Quartärablagerungen in der Gegend Menzingen-Neuheim mit Isopachenkarten dargestellt.
  Die Behauptung, dass die Lorzentobelschotter, die Sihlsprungschotter und die Schotter beim Waisenhaus und Alt-Schloss bei Wädenswil zu einer Ost-West-Talung gehören, und einander entsprechen, sollte durch weitere Gravimetriemessungen im Gebiet Wädenswil-Spitzen-Menzingen-Hütten- Feusisberg-Pfäffikon erhärtet werden.
  Dazu wurden negative Anomalien nördlich des Zugersees mit z.T. 1oo - 15o m Quartärmächtigkeiten geortet. (Lorzeebene und Blickensdorf-Uerzlikon).
  In dieser Arbeit wurden auch Dichteberechnungen des Quartärmaterials durchgeführt.

- Müller E.R. (1978): Aufbau und Zerfall des würmeiszeitlichen Linth- und Reussgletschers im Raume zwischen Zürich-und Zugersee

  Im Anschluss einer geologischen Aufnahme des Blattes 1 : 25.ooo "Einsiedeln" folgte eine morphologische und quartärgeologische Studie im Raum zwischen dem Zürich- und Zugersee. In der Arbeit wurde eine bis 2 km breite Talung von Richterswil bis Zug erkannt und auch in Form einer Isohypsenkarte der Felsoberfläche dargestellt.

- Kelts K. (1978): Geological and sedimentary evolution of Lakes Zurich and Zug.

  Mit seismischen und sog. Kolbenlot-Methoden wurden die quartären und rezenten Sidementfüllungen und auch die Geo-

morphologie des Felsuntergrundes untersucht. Mit Hilfe von 19 seismischen Profilen (leider fehlen bei den Profilen 4,5,13 und 16 die Angaben) und total 126 Stationen zeigte Kelts in seiner Dissertation, dass sich der Zugersee klar in zwei Teile trennt. Im südlichen Trog sinkt die Molasse bis auf den Meeresspiegel ab! Interessant ist, dass Kelts die "Felsisohypse 1oo m unter dem Wasserspiegel", also 3oo müM in der Gegend von Immensee nicht uferparallel durchzieht. Da seine Messungen aber nur bis Ufernähe gehen, erforschte er den Raum Küssnacht-Immensee nicht mehr. Im Nordbecken geht der Molassefels ca. bis auf Kote 25o müM hinunter. Gegen das Nordufer sind zwei ungefähr parallel verlaufende Süd-Nord-Rinnen ermittelt worden. Die eine verläuft ca. in der Mitte des Sees, die andere uferparallel bei Zug. Die Felsisohypse bei 5o m Wassertiefe zeichnet Kelts bei Zug nicht uferparallel durch.

Bei einigen seismischen Profilen ist in der Molasse eine markante V-förmige Vertiefung feststellbar, die Kelts als fluviale Erosion bezeichnet - evt. von einer Ur-Reuss, die seiner Meinung nach eher über Arth, als über Immensee floss.

Er nimmt an, dass das Molasse-Relief vor der Würmeiszeit geformt wurde.

Informativ sind auch Kelts Sediment-Analysen (Pollen- Carbonat-Analysen sog. 3.5 kHz Seismik, etc.) Er holte dabei Erkenntnisse über die Sedimentationsgeschwindigkeit der limnischen Sedimente.

- Hantke R. (-1958): Die Gletscherstände des Reuss- und Linthsystems zur ausgehenden Würmeiszeit
  - 1968 Archäologie der Schweiz, Band 1
    Darin sind informativ die "äussersten würmeiszeitlichen Randlagen des Aare/Reussgletschers im Raume Willisau-Dagmersellen" dargestellt.
  - 1978 und 198o Eiszeitalter 1 und 2
    Diese mit immens viel Detailinformationen versehenen Bände waren immer wieder Nachschlagwerke.

3.2 Geologische Karten

Fast über das ganze Arbeitsgebiet stehen geologische Karten zur Verfügung. Nur über die Südwestecke (Landeskarte Wolhusen Blatt 1149) besteht noch keine geologische Detailkarte. Das vom verstorbenen Geologen J. Kopp bearbeitete Blatt 1:25.ooo 1129 wurde leider nicht fertiggestellt. Das Original konnte bei der geol. Kommission in Basel besichtigt werden. Für die Ost- und Südostseite des Arbeitsgebietes gibt es noch keine geol. Karten 1:25.ooo, doch konnte da auf die geol. Karte 1:5o.ooo des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete von R. Hantke zurückgegriffen werden.

Folgende geol. Karten 1:25.ooo dienten als Arbeitshilfe:

- Geol. Atlas der Schweiz, Blatt 115o Luzern, J. Kopp
- Geol. Atlas der Schweiz, Blätter 186 Beromünster, 187 Hochdorf, 188 Sempach, 189 Eschenbach, J. Kopp; Aufnahmen 1935-37 und 194o-41

- Geol. Karte der Umgebung des Hallwilersees und des oberen "Winen- und Surtales", F. Mühlberg, 1900-1908
- Geol. Karte von Zofingen, P. Niggli, 1906 und 1911
- Geol. Atlas der Schweiz, Blatt 1090 Wohlen, H. Jäckli, 1966
- Geol. Karte der Umgebung von Aarau, F. Mühlberg, 1866-1907
- Geol. Karte des unteren Aare-Reuss- und Limmattales, F. Mühlberg 1904

3.3 Luftbilder

Zur stereoskopischen Interpretation standen folgende Luftbilder zur Verfügung:

- Gebiet Kleinemmetal, oberes Suhrental, oberes Seetal und ein Teil des Reusstales (Kant. Oberforstamt Luzern, Hrn. P. Vogel).
- Suhrental: Kirchlerau-Ruedertal, Schöftland-Böler Freiamt: Reuss- und Bünztal-Aufnahmen: Abtwil-Oberrüti, Umgebung Sins, Beinwil-Auw, Buttwil-Muri bis zur Reuss, Bettwil-Kallern-Bünzen (Hrn. Dr. P. Koch, Adligenswil).
- Kanton Zug (Kant. Forstamt Zug, Herren Giss u. Heynisch)
- Kanton Aargau (Kant. Raumplanungsamt, Hrn. Kottwitz).

3.4 Bohrungen

Auf Grund meiner früheren Tätigkeit, unter anderem auch als Leiter der Abteilung Sondierungen in einer Tiefbaufirma, war mir bekannt, dass viele Sondierergebnisse vorhanden sind. Zuerst suchte ich Unterlagen bei den kantonalen Aemtern - Bauämtern, Nationalstrassenbüros, Gewässerschutzämtern, usw. Bei den grossen "Bauherrschaften" wie SBB, PTT, D+B wurde möglichst systematisch und detailliert nach einzelnen Bauobjekten und damit nach evt. Sondierunterlagen gesucht.

Eine wertvolle Hilfe war die schweizerische geologische Dokumentationsstelle Bern. Diese Sammelstelle, die gesamtschweizerisch arbeitet, hat enorm viele Unterlagen sichergestellt und auf Mikrofilm festgehalten. Drei Gegebenheiten waren für meine Arbeit erschwerend:

1. Jede der Sammelstelle gemeldete geologische Untersuchung wird fortlaufend nummeriert, unter der entsprechenden Gemeinde eingetragen und in einer Karte 1:25.000 festgehalten. Beispiel: Ein 2m Baggerschlitz oder eine 3m Rammsondierung werden dem Titel nach nicht unterschieden von einer 100m Kernbohrung. Nur die direkte Einsichtnahme in die Kartei und in die Mikrofilme geben Auskunft über die Wichtigkeit der Daten. Für regionale Auskünfte ist dies natürlich sehr wertvoll. Für meine Arbeit war die Trennung von "Spreu und Weizen" jedoch sehr zeitraubend.
2. Urheberrechte: Für jede Arbeit, die die Sammelstelle archiviert, musste via Auftraggeber und Autor abgeklärt werden, ob die Ergebnisse zur Weiterverwendung an Dritte zur Verfügung stehen oder nicht. Fehlt diese Einwilligung, muss die Bewilligung zuerst schriftlich eingeholt werden.

3. Im Untersuchungsgebiet sind noch nicht alle Regionen von der Sammelstelle bearbeitet worden.

Meine zeitaufwendigste Arbeit bestand darin, in möglichst jeder einzelnen Gemeinde in deren Bauabteilungen nach vorhandenen Unterlagen zu forschen. Zusätzlich erkundigte ich mich nach privaten Bauherrschaften, die in den letzten Jahren grössere Bauten realisierten.

Zuletzt wurde ich noch bei den Leitern der Bohrunternehmern, geotechnischen Büros und Kiesgrubenbesitzern vorstellig.

Für die nachfolgene Zusammenstellung ist wichtig, dass ich bei Bohrungen in den Fels, nie die ganzen Felsbohrmeter, sondern nur die obersten 4-5 m im Fels berücksichtigte. Für diese Arbeit ist ja nur die Lage der Felsoberfläche, nicht aber deren Beschaffenheit wesentlich. Für eine Statistik über das Gesamttotal der Bohrmeter, müssten zu meinen Angaben noch etliche Tausend Meter Felsbohrung addiert werden.

Zwischen 1977 und Mai 1982 ortete ich im untersuchten Gebiet folgende Bohrergebnisse:

Umgebung Luzern	665	Bohrungen	mit	1o.892	Bohrmeter
Luthern-Wiggertal	182	"	"	3.336	"
Gebiet Wolhusen+Suhrental	364	"	"	6.83o	"
Gebiet Wynental	85	"	"	2.193	"
Gebiet Seetal	214	"	"	5.189	"
Gebiet Umgebung Zug	7o5	"	"	16.o78	"
Gebiet Reusstal	472	"	"	1o.559	"
Gebiet Bünztal mit Birrfeld	363	"	"	8.614	"
Total	3.o5o	"	"	63.691	"

Davon sind 337 Lockergesteinsbohrungen tiefer als 4om, und 22 tiefer als 1oo m !

Von den gesamten 3o5o Bohrungen wurde ca. jede dritte, nämlich 1159 bis in den Fels abgeteuft. Der Rest sind reine Lockergesteinsbohrungen.

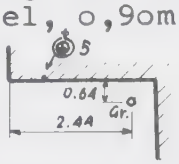
3.5 Schweremessungen

Die angewandte Gravimetrie beruht auf der Messung der von der Gravitationskraft der irdischen Massen (und der der Himmelskörper) hervorgerufenen Schwerebeschleunigung $\vec{g}$. Die Masseinheit beträgt cm sec^{-2}, die man in der Gravimetrie zu Ehren von Galilei mit "gal" (resp. Milligal - mgal) bezeichnet. Im Verzeichnis "Schweizerisches Schweregrundnetz" sind im Untersuchungsgebiet einige absolute "Schwerebeschleunigungen in Milligal (mgal)" aufgeführt:

Luzern: Eidg. Nivellementsverzeichnis, Kt. Luzern, Blatt Nr. 3, Ordg. Nr. 2o, ⊕1, Höhe über Meer 445,o31m, Hofkirche, Turm, Fundamentquader, Bodenhöhe.
Gravimeter o,46m vor der Nordfassade des Turmes, unmittelbar vor dem Nivellementsfixpunkt ⊕1.

Schwere Gravimeterstandort	98o'614,59 mgal
Stativhöhe o,44m - Reduktion	o,135 "
Schwere Bodenpunkt	98o'614,725 "
Abstich o,oo m	
Reduktion auf Niv. Punkt	o,oo "
Schwere Nivellementspunkt	98o'614,725 "

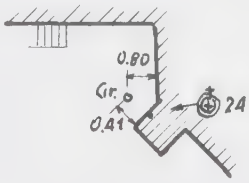
Reiden: Eidg. Nivellementsverzeichnis, Kt. Luzern, Blatt Nr. 22, Ordg. Nr. 253, ⊕ 5, Höhe über Meer 458,748 m, Kirche, Turm, Sockel, o,9om von der Ecke, o,17 m unter Oberkante.



Stativhöhe: o,47 m
Abstich : - o,17 m

Schwere Gravimeterstandort	98o'662,975 mgal
Stativhöhe o,47m - Reduktion	o,145 "
Schwere Bodenpunkt	98o'663,12 "
Abstich -o,17m	
Reduktion auf Niv. Punkt	-o,o5 "
Schwere Nivellementspunkt	98o'663,o7 "

Nottwil: Eidg. Nivellementsverzeichnis, Kt. Luzern, Blatt Nr. 19, Ordg. Nr. 2o7, ⊕ 24, Höhe über Meer 552,525 m, Kirche, Strebepfeiler, Sockel o,13m unter Fase



Stativhöhe: o,42 m
Abstich : -o,25 m

Schwere Gravimeterstandort	98o'615,9o mgal
Stativhöhe o,42 m - Reduktion	o,13 "
Schwere Bodenpunkt	98o'616,o3 "
Abstich -o,25m	
Reduktion auf Niv. Punkt	-o,o75 "
Schwere Nivellementspunkt	98o'615,955 "

Dazu konnten auch absolute Schwerebeschleunigungen von den im Untersuchungsgebiet liegenden Basisstationen der Arbeit Gassmann "Schweremessungen in der Umgebung von Zürich" verwendet werden.

Basisstation Nr. XVII, Kappel a. Albis; die Station liegt an der Strasse von Kappel nach Hausen, auf dem äusseren Mauerende des Einganges zum Zwinglidenkmal und ist ohne Stativ in der Mauermitte gemessen.

4. Vorgehen

4.1 Höhenkarte der Felsoberfläche des Anstehenden

Schwarz-weiss Abzüge der Karten 1 : 25.ooo des gesamten Arbeitsgebietes wurden auf Kartontafeln aufgezogen. Der anstehende Fels wurde nicht wie in der geologischen Karte nach Alter und Gesteinsart gegliedert, sondern einzig und allein nach der Höhe in Metern über Meer eingezeichnet.

Es wurden 5om Bänder mit je einer eigenen Farbe gewählt. Die Höhen über 1ooo müM wurden nicht mehr gegliedert, sondern mit einer roten Transparentfolie markiert.

So resultierte folgende Farbskala:

grösser als		1ooo	müM	rote Transparentfolie
95o	-	1ooo	"	blaugrün
9oo	-	95o	"	blau
85o	-	9oo	"	hellblau
8oo	-	85o	"	hellgelb
75o	-	8oo	"	dunkelgelb
7oo	-	75o	"	hellviolet
65o	-	7oo	"	dunkelviolet
6oo	-	65o	"	rosa
55o	-	6oo	"	orange
5oo	-	55o	"	rot
45o	-	5oo	"	hellgrün
4oo	-	45o	"	olive
35o	-	4oo	"	hellbraun
3oo	-	35o	"	dunkelbraun
25o	-	3oo	"	hellgrau
2oo	-	25o	"	dunkelgrau

Optisch traten sehr deutlich die natürlichen Felshindernisse hervor, die das Gletschereis auf dem Weg nach Norden beeinflussten.

Die weissen Zonen auf der Karte sind mit Lockergestein aufgefüllte Gebiete. In diesen Regionen konzentrierte ich die Suche nach Bohrungen. Kreise in diesen weissen Flächen markieren Bohrungen bis auf den Fels.

Einen Ausschnitt aus dieser Karte M 1 : 25.ooo ersehen Sie auf nächster Seite. (Region Eschenbach und Reuss-, Rontal zwischen Inwil, Perlen und Dierikon-Root).
Aufnahme mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie vom 11. September 1979.

Reuss
Perlen
Inwil
Mettlen

4.2 Bodensondierungen

4.2.1 Bohrverfahren

Rotationskernbohrung

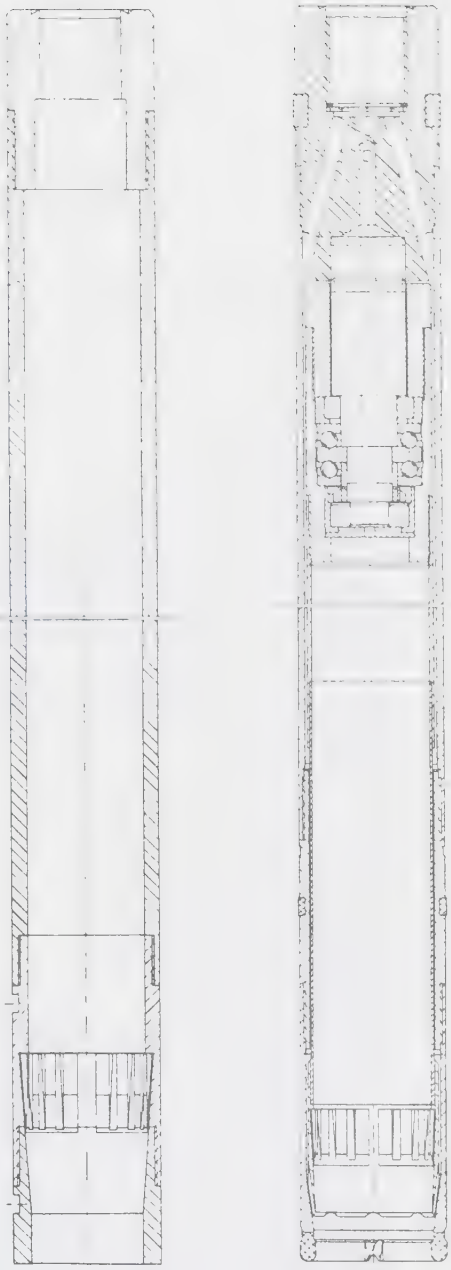
Das Kernrohr dient zur Aufnahme einer zylindrischen Bodenprobe, welche beim Bohren mit einem durch Rotationsbewegung angetriebenen Gerät in dieses eindringt. Man nennt diese Probe "Bohrkern".

Das Kernrohr ist an seinem unteren Ende mit einer ringförmigen Vorrichtung - der Krone - versehen; üblicherweise handelt es sich um eine gezahnte Krone aus Hartmetall oder eine Diamantkrone, welche den Bohrkern aus dem Boden herausschneidet. Eine ringförmige, sog. Kernfeder verhindert das Herausfallen des Kerns aus dem Rohr beim Hinaufziehen an die Bodenoberfläche.

Man unterscheidet zwischen einfachem Kernrohr (einwandig), das in der Mehrheit der Fälle verwendet wird und Doppelkernrohr (zwei Rohre ineinander, von denen nur das Aeussere rotiert).

Die Rotations-Kernbohrung kann entweder "trocken", d.h. ohne Spülung, oder mit Bohrspülung erfolgen. Das Spülmedium, meist Wasser, wird durch das Bohrgestänge zugeführt.

Der Vorteil dieser Bohrart ist die kontinuierliche Probenentnahme guter (nicht ungestörter) Qualität, sofern die Bohrtechnik dem Boden angepasst wird.



einfaches Kernrohr — Doppel-Kernrohr

Dass nicht ungestörte Bodenproben entnommen werden können, hat vor allem folgende Ursachen: Beim Trockenbohren entsteht durch Reibungswärme ein Austrocknen der Probe und dadurch ein Verdichten des Kerns durch den Bohrvorgang. Bei der Spülbohrung werden vor allem die Feinanteile weggespült, so dass es zu einem Auswaschen der Kerne kommt. Auf diese beiden Tatsachen ist bei Bestimmung der Kornzusammensetzung von Lockergesteinen

der Lagerungsdichte des Bodens, etc. aus Rotationsbohrkernen zu achten.

Möchte man "möglichst wenig gestörte Proben" aus ausgesuchten Bodenschichten entnehmen, kann dies während der Bohrung mit Hilfe von speziellen Entnahmegeräten erfolgen.

Rotationskernbohrungen durch Lockergesteine bis in grössere Tiefen (> 100 m) sind möglich, werden aber in grossen Tiefen recht arbeitsaufwendig. Muss das Bohrloch beim Durchfahren vor allem von nicht bindigen Böden vor dem Zusammensturz durch Verrohrung gesichert werden, (mit sog. Futterrohren), müssen die Kernrohrdurchmesser laufend verkleinert werden (teleskopieren). Damit entsteht bei Rotationskernbohrungen eine praktische Tiefenlimite, (je nach "Schwierigkeitsgrad" der zu durchfahrenden Bodenschichten ist diese Tiefe verschieden), da der Kernrohrdurchmesser nach mehrmaligem Teleskopieren so klein wird, dass der Bohrfortschritt unverhältnismässig abnimmt.

Rotary-Bohrung

Bei dieser Bohrart, von der Oelbohrtechnik auf den Sondierzweig übernommen, wird der ganze Bohrquerschnitt abgetragen. Unten am Bohrgestänge sind je nach Bodenschicht verschiedenartige "Vollbohrkronen" eingesetzt. Für weiche Böden werden meist Schneidenmeissel, für härtere Böden die Rollenmeissel (rockbits) und für härteste Partien teure Diamantkronen verwendet. Die Böden werden in kleinen Mengen (cuttings) abgetragen, welche durch einen Schlammkreislauf (ausnahmsweise auch durch Wasser oder komprimierte Luft) an die Oberfläche gelangen. Die Probeentnahme erfolgt durch Aussieben des Schlammes.

Auf diese Art können beliebige Böden, einschliesslich Blöcke, verkittete Schichten und Fels durchfahren werden. Das kontinuierliche Verfahren (ohne Ausbau des Bohrwerkzeuges für Bodenprobengewinnung) ermöglicht einen grossen Bohrfortschritt. Es eignet sich vor allem für Sondierungen in grosse Tiefen.

Als Nachteile sind die stark gestörten Proben, Ungenauigkeit in der Abgrenzung der Schichten, Notwendigkeit die cuttings vom Bohrschlamm zu trennen, was bei feinen Böden gewisse Schwierigkeiten mit sich bringt, zu nennen.

Oft wird für tiefere Sondierungen eine Kombination der beiden Bohrarten vorgenommen.

Grossdurchmessrige Bohrungen

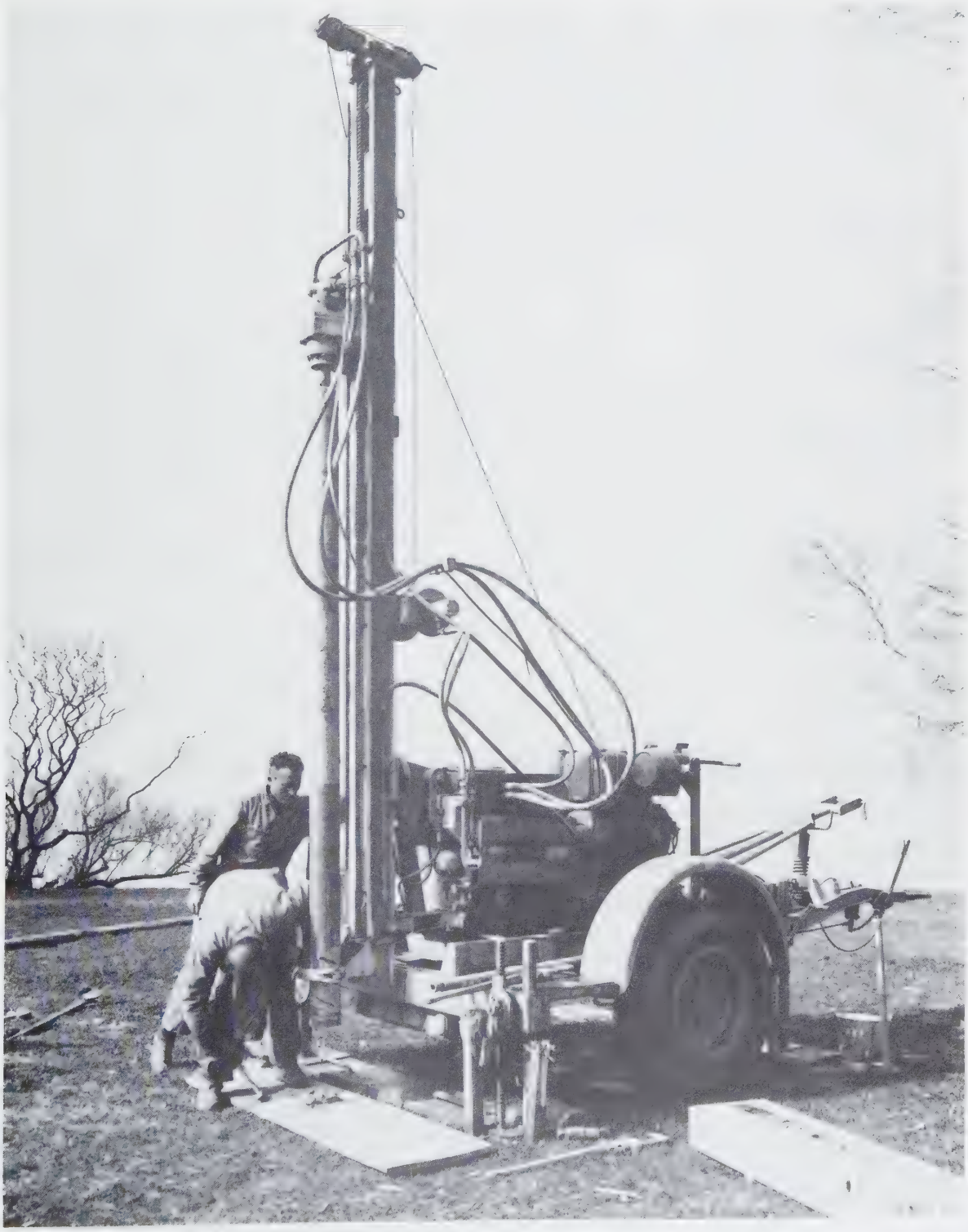
Werden aus praktischen Gründen (z.B. für Pfähle oder Filterbrunnen) grossdurchmessrige Bohrungen in Lockergestein abgeteuft, sind diese ebenfalls für Sondierzwecke zu gebrauchen.

Die Materialentnahme geschieht mit einer Klappsonde oder einem Greifer. Die Klappsonde ist ein Rohr, an dessen unterem Ende ein Ventil angebracht ist. Das Arbeiten mit diesem Gerät setzt das Vorhandensein oder die Zugabe von Wasser voraus, um die erforderliche Saugwirkung zu erreichen. Beim Schlagen und Ziehen der Sonde dringt der mit Wasser gemischte Boden durch das Ventil in das Rohr ein und wird dort bis zum Ausleeren an die Bodenoberfläche festgehalten. Der Grei-

fer gräbt sich durch den Fall in den Boden ein. Er ist mit einer Schliessvorrichtung versehen und fördert das Bohrgut an die Oberfläche.

Bei beiden Methoden wird - zur Verhinderung des Bohrlocheinsturzes - laufend ein dickwandiges Rohr nachgedreht.

Foto: Equipe bei der Ausführung einer Kernbohrung. Rotationsbohrmaschine Typ Wirth Bo. - Gewicht 2,5 Tonnen. - Antrieb mit 28 PS Motor. - Drehzahl regulierbar von o-96 Touren/Min. -Vorschubkraft 3,o Tonnen. - Gestänge 5o mm Durchmesser, auf der Foto Kernrohr 145 mm Durchmesser. - Max. Bohrtiefe ca. loo m.



4.2.2 Uebertragen der Bohrergebnisse in die topographische Karte M. 1 : 25.000

Auf den auf Sperrholzplatten aufgezogenen topographischen Originalkarten M 1 : 25.000 färbte ich die Flächen des anstehenden Felsens rot.

Mit farbigen Nadelköpfen markierte ich in dieser vorbereiteten Karte die Bohrpunkte. Die Bohrungen sind masstäblich - 1 mm auf der Karte entspricht 1 Bohrmeter.

Gestrichelte vertikale Linien nach oben bedeuten Verlängerung zum ehemaligen natürlichen Terrainpunkt, bei Bohrungen von einem künstlichen, tieferen Niveau aus (z.B. bei Kiesgruben, Mülldeponien etc.).

Rote und orange Nadelköpfe zeigen an, dass die Bohrungen den Fels erreichten, gelbe, grüne und weisse Punkte markieren Bohrungen nur im Lockergestein. Blaue Markierungspunkte zeigen Wasserfassungen an. (Die Ziffern daneben geben die konzessionierte Wasserentnahmemenge des Brunnens in Liter/Minute an.)

Die farbigen Markierungspunkte informieren zusätzlich über folgendes:

dunkelrot	Fels bereits nach einigen Bohrmetern erreicht
orange	Fels erst in grösserer Tiefe erbohrt
grün	zuoberst markante Moräne, Bohrung nicht bis auf Fels
weiss	zuoberst markante feinkörnige Seeablagerung, Bohrung nicht bis auf Fels
gelb	diverse Lockergesteine, Bohrung nicht bis auf Fels

Beim vertikalen Strich (1 mm entspricht 1 Bohrmeter) sagen die Farben etwas über das Bohrgut aus:

Gelbe Linie	Ton/Silt im Bohrkern vorherrschend
Orange "	Sand " " "
Braune "	Kies " " "
Grüne "	mit horizontaler Schraffur = Moräne
Rote Linie	Fels, aufgelockert
Rote Doppellinie	fester Fels als Bohrkern

Mit hellblauem horizontalem Strich ist die Lage des Grundwasserspiegels in der Bohrung eingetragen. Falls in der Bohrung mehrere Grundwasserspiegel angetroffen wurden, sind die tieferen speziell markiert. Artesisch gespanntes Grundwasser ist mit einem hellblauen Pfeil nach oben markiert.

Wichtige Informationen aus der Bohrung sind rechts vom Strich in roter Farbe angegeben. Dabei beschränkte ich mich auf Angabe von Verrucanobohrkern mit V (Leitgestein des Linthgletschers) und rote Ringe bei Pollenanalysen aus dem Bohrkern.

Einen Ausschnitt aus dieser Karte M 1 : 25.000 finden Sie auf nächster Seite (Region analog Karte S. 16).

Die Gesamtkarte ist bei mir zu Hause archiviert und kann eingesehen werden. Zudem ist sie bei der SGD (Sammelstelle geologischer Dokumente in Bern) auf Mikrofilm festgehalten.

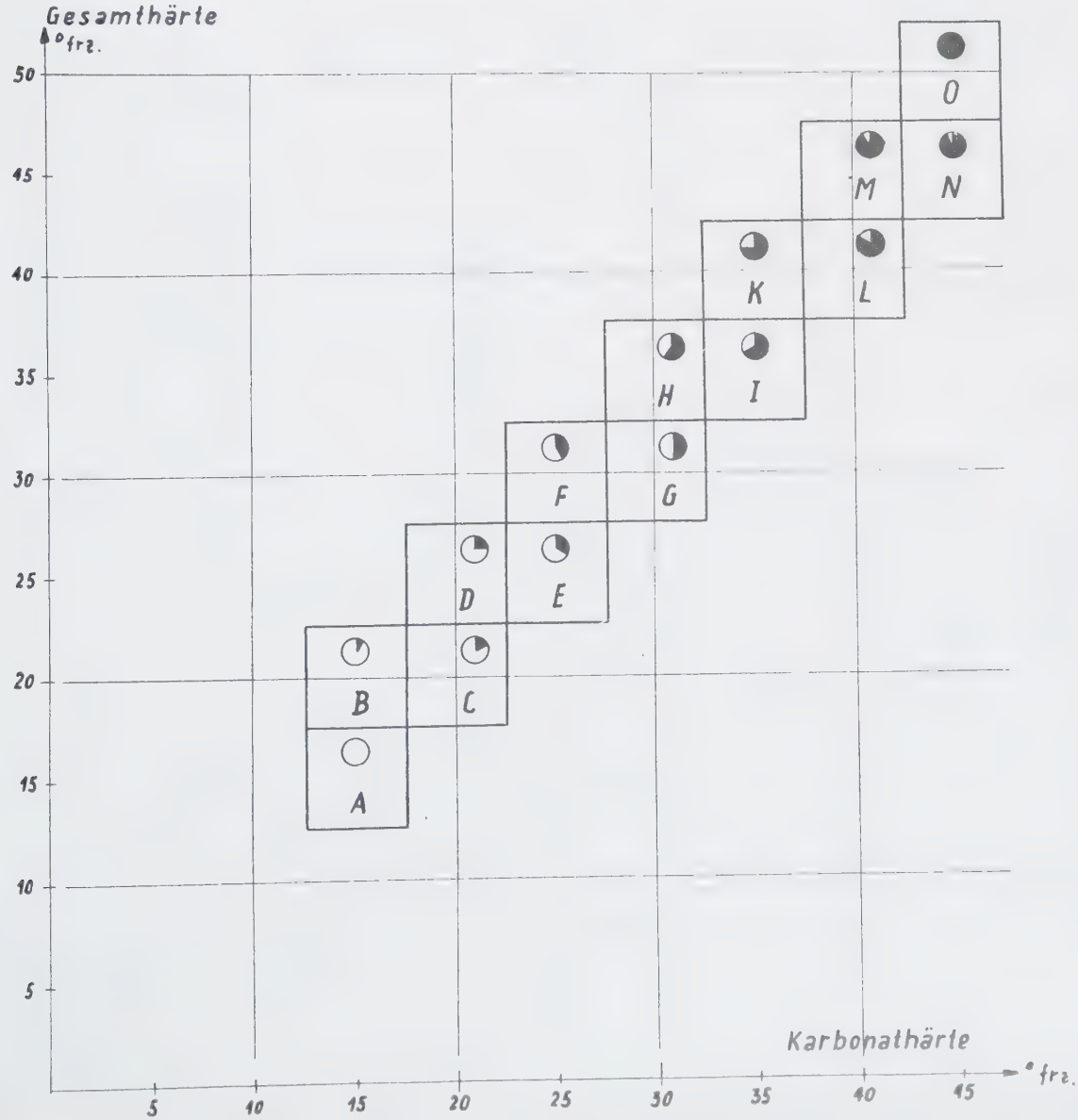
Angaben wie Koordinaten, Höhe des Bohrpunktes, Detailbeschrieb des Bohrgutes, der Lagerungsdichten etc., sämtlicher Bohrungen sind bei mir nach geographischer Lage geordnet archiviert.

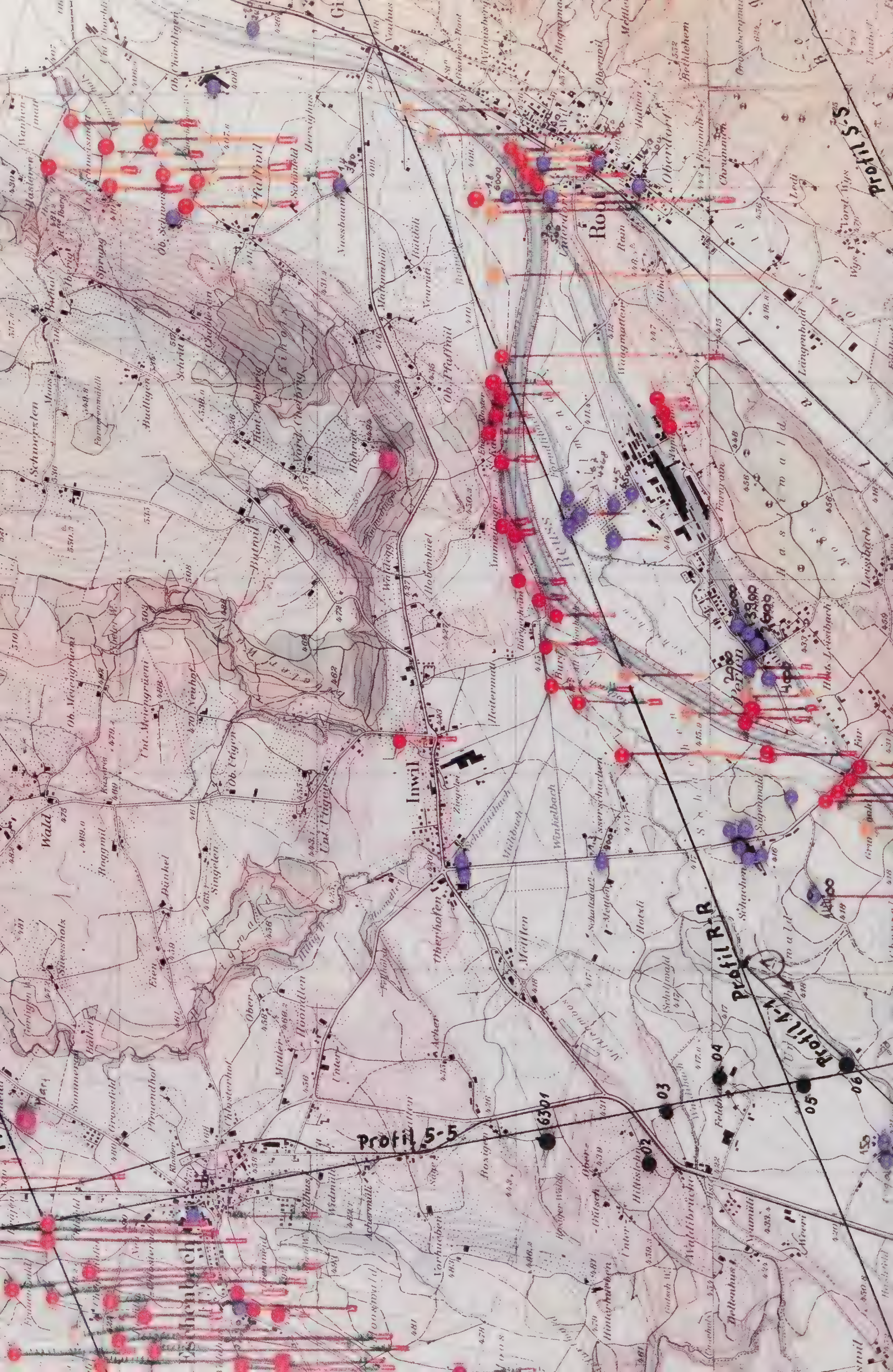
4.3 Grundwasserhöhenkarte mit Eintragung des Chemismus

In einem weiteren auf Karton aufgezogenen schwarz-weiss Abzug der Karten M 1 : 25.000 sind Grundwassergebiete eingetragen. Die Grundwasserhöhen wurden dabei speziell markiert mit der gleichen Farbskala wie unter 4.1 beschrieben.

Im Gegensatz zu gebräuchlichen Grundwasserkarten treten bei dieser Darstellungsart die Fliessrichtungen und Zusammenhänge einzelner Grundwassergebiete deutlicher hervor.

In diese Karte wurden zudem Teilergebnisse von chemischen Grundwasseruntersuchungen (Gesamt- und Karbonathärten) eingetragen.




Profil 5-5
Profil 5-S
Profil R-R
Profil 1-1
Inwil
Wald
Reuss
6301
02
03
04
05
06

Die Ergebnisse von über tausend Analysen wurden via speziellem Computerprogramm ausgewertet und per Plotter direkt in die Karte übertragen.

Das Resultat dieser Arbeit hat sich leider für eine Interpretierung evt. vorhandener Talzusammenhänge als nicht geeignet erwiesen.

Trotzdem soll hier erwähnt sein, dass die Ergebnisse der chem. Analysen bei mir archiviert sind. Die Karte kann eingesehen werden. Eventuell dient sie für andere Aufgabenstellungen.

4.4 Gravimetrie

4.4.1 Das Untersuchungsprogramm

Aus theoretischen Ueberlegungen und an Hand von empirischen Messungen weiss man, dass die Schwerebeschleunigung g abhängig ist vom Beobachtungsort. Laut K. Jung (1961) nimmt die Schwere grossräumig gesehen vom Aequator zum Pol um etwa 5,2 Gal zu und hat im Mittel (bei 45° nördlicher Breite) einen Wert von 98o,6 Gal. Die Zunahme mit wachsender geographischer Breite erklärt sich infolge der rotationsellipsoiden Form der Erdkugel, und weil die nach aussen gerichtete Zentrifugalbeschleunigung mit wachsender Breite infolge Abnahme des Dreharmes kleiner wird.

Die an der Erdoberfläche gemessene Schwerebeschleunigung wird in der Praxis mit der Normalschwere verglichen. Abweichungen von der Normalschwere bezeichnet man als Schwereanomalien.

Regionale Abweichungen treten dann auf, wenn infolge unterschiedlichen geologischen Gegebenheiten Gesteine mit grösseren Dichtekontrasten vorliegen. Das Schwerefeld der Schweiz ist detailliert bekannt und wurde von Klingelé und Oliver (1979) in der Schwerekarte der Schweiz veröffentlicht.

Ich interessiere mich für die Schwereanomalien, welche durch den Dichteunterschied zwischen dem Quartär und dem Tertiär hervorgerufen werden.

Gretener (1954) und Gassmann (1962) ordneten in ihren Arbeiten die Messstationen flächenhaft an. Im Vordergrund standen für sie nicht geologische Gesichtspunkte, sondern es wurden vielmehr präzise höhenvermessene Punkte gewählt. Gretener schlug vor, bei zukünftigen analogen Arbeiten, die Wahl der Messpunkte vermehrt nach geologischen Gesichtspunkten zu treffen.

Diesem Ratschlag folgend entschloss ich mich, die Messstationen nicht flächenhaft, sondern profilförmig anzulegen. Die Wahl der Profile geschah dabei nach geomorphologischen Gesichtspunkten, d.h. ich legte sie in Talabschnitte, wo über den Verlauf des Felsuntergrundes nichts bekannt war. Wichtig für jedes Profil war, den regionalen Trend der Schwereanomalie aus der Schwerekarte zu eruieren. Um den Schweregradienten möglichst genau zu berücksichtigen, legte ich zudem die Messstationen an beiden Profilenden auf anstehenden Fels.

Der Abstand zwischen den Messstationen wurde relativ klein, nämlich ca. 25o-3oo m angenommen. Dabei beachtete ich, dass die Messstationen möglichst parallel, oder ungefähr senkrecht zu den aus der Schwerekarte der Schweiz herausgelesenen Linien gleicher Schwerebeschleunigung liegen. Da die zu erwartenden Schwere-Anomalien infolge Dichtedifferenz Quartär/Tertiär erfahrungsgemäss minimal sind, (max. einige Milligal) war man nicht sicher, ob bei der zweiten (senkrecht stehenden) Anordnung der Messstationen die Anomalien überhaupt noch feststellbar seien. Deshalb stufte ich solche Profile als Profile zweiter Priorität ein.

Für zukünftige analoge Arbeiten sollte darauf geachtet werden, dass gradlinig in der Verlängerung der Achse an beiden Profilenden minimal 3 - 4 Felspunkte liegen. (evt. Abstände zwischen den Messstationen verkleinern, resp. Profil über das Untersuchungsgebiet hinaus verlängern!).

Profile erster Priorität: (Profile möglichst parallel zu den Linien gleicher Bouguer-Anomalien).

Profil Rifferswil Nr. 62: Messstationen: von Sins via Friesencham nach Rifferswil. In der Profilachse befindet sich ein markanter Knick bei Friesencham. Vom linken Profilteil erhoffte man Angaben über Felstiefen im Reusstal bei Sins. Im rechten Profilteil wurden die Messstationen nahe von Tiefbohrungen bis auf den Fels gelegt, um damit Umrechnungsfaktoren von Schwereanomalien auf Felstiefe, (d.h. Mächtigkeit der Lockergesteinsablagerungen) zu erhalten. (Eichstationen).

Profil Mühlau Nr. 54: Dieses Profil quer zum Reusstal soll Auskunft über die Entwicklung dieses Talabschnittes bringen.

Profil Muri Nr. 55: Das Profil geht von Muri über Aristau nach Jonen und sollte Angaben bringen über das Reusstal sowie den Ursprung des Bünztales.

Profil Boswil Nr. 56: Die Messstationen verteilen sich übers Bünztal zwischen Boswil und Besenbüren und über das Reusstal bis Unterlunkhofen und sollen Ergebnisse über beide Täler bringen.

Profil Sursee Nr. 6o: Das Profil verläuft quer zum Suhrental auf Höhe Sursee und soll über die Talform bei Sursee Auskunft geben.

Profil Büron Nr. 61: Das Profil verläuft vom Nordende des Dorfes Knutwil quer zum Suhrental bis Büron und soll etwas über diese Talentwicklung aussagen.

Profile zweiter Priorität: (Profile verlaufen ungefähr senkrecht zu den Linien gleicher Bouguer-Anomalien).

Profil Eschenbach Nr. 63: Es verläuft südlich von Eschenbach nach Buchrain. Die Ergebnisse sollen Auskunft geben über die Morphologie dieses Reusstalabschnittes.

Profil Immensee Nr. 51: verläuft von Risch-Oberrisch über dem Chiemen nach Immensee, Oberimmensee zum Vorder Berg am Rigifuss. Die Ergebnisse sollen über den Felsverlauf in der Fortsetzung Fänn bei Oberrisch, aber vor allem über den Felsverlauf bei Immensee, orientieren.

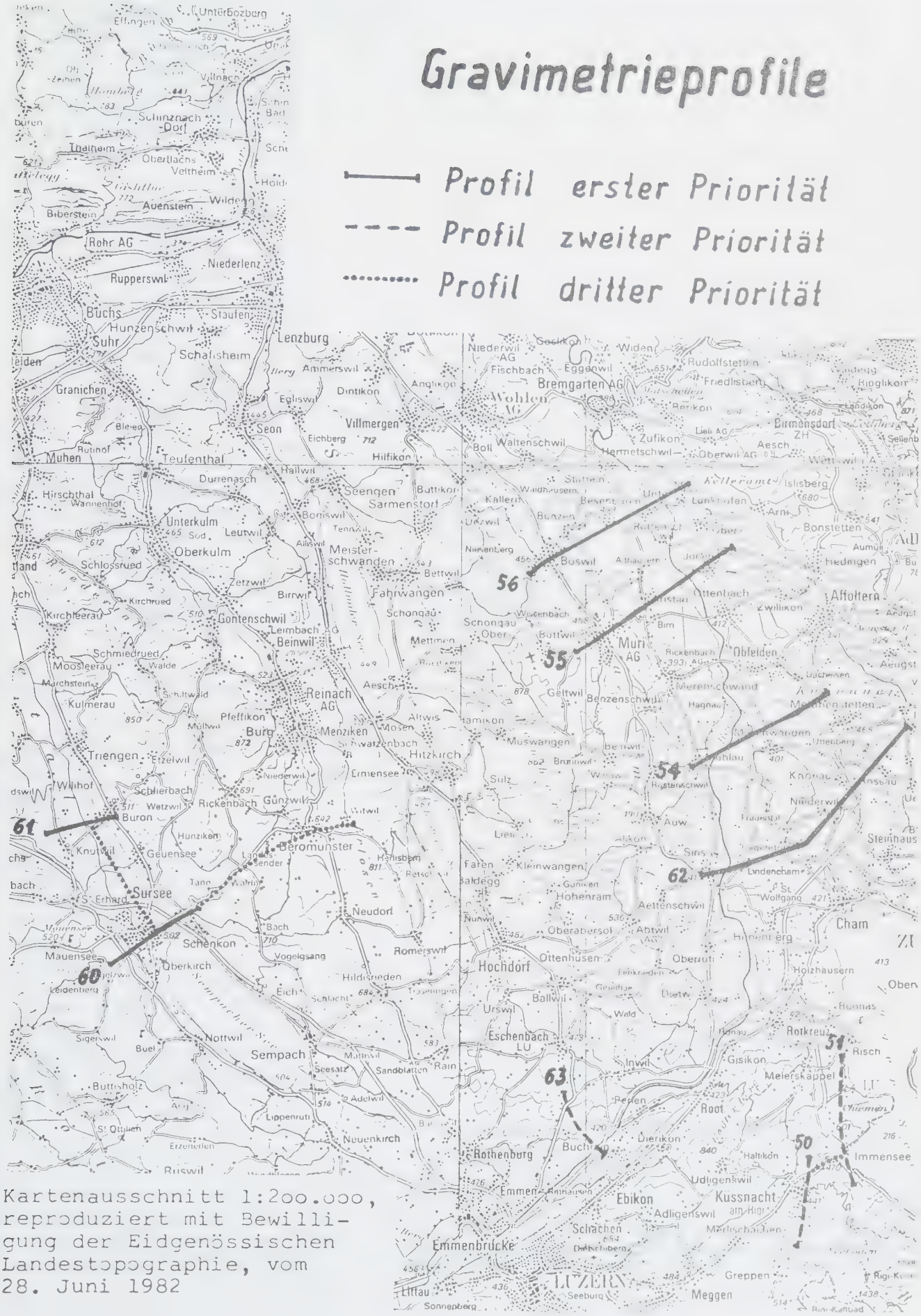
Profil Küssnacht Nr. 5o: verläuft im Norden vom Hügel Dorf-allmig über Küssnacht nach Hinter Berg am Rigifuss und soll eine evt. Verbindung Küssnachtersee-Zugersee aufzeigen.

Gravimetrieprofile

Profil erster Priorität

Profil zweiter Priorität

Profil dritter Priorität



Kartenausschnitt 1:200.000, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 28. Juni 1982

Profile dritter Priorität: (Die Messpunkte liegen nicht in einer Profilachse und die Abstände zwischen den Messstationen sind grösser).

Das Profil Sursee wurde nordöstlich bis nach Beromünster weitergezogen (Messstationen 6o17 bis 6o28). Gesucht wird der Felsverlauf im Chommlermoos und in der Gegend von Beromünster.

4.4.2 Apparate

Um die Anomalien in der Grössenordnung bis $\frac{1}{10}$ Milligal genau zu eruieren, sind präzise Messgeräte notwendig.

Tatsächlich existieren heute Präzisionsinstrumente, mit denen Beschleunigungsunterschiede von $\frac{1}{1000}$ Milligal festgestellt werden können. Diese sog. Gravimeter beruhen auf dem Prinzip der Federwaage, wobei die minimen Dehnungen der Feder gemessen werden.

An einem gegebenen Punkt bleibt die Schwere während eines Tages nicht konstant. Diese Erscheinung bezeichnet man mit "täglichem Gang", verursacht vor allem durch die wechselnde Lage von Mond und Sonne. Mittels Tabellen über Gezeiteneinflüsse lassen sich diese Unterschiede ausgleichen. (Tabellen zur Berechnung der Gezeiteneinflüsse werden jährlich in der Dezemberausgabe der "Geophysical Prospection" publiziert).

Weitere zu berücksichtigende Einflüsse (Drifteinflüsse) sind noch instrumenteneigene Kriecherscheinungen der Tragfeder, Einflüsse von Transport, Temperaturunterschiede, etc. Bei neueren Gravimetern ist die Instrumentendrift auf ein Minimum reduziert.

Das für unsere Messungen vom Institut für Geophysik der ETH zeitweise zur Verfügung stehende Instrument Lacoste und Romberg ist in dieser Beziehung ideal, und sehr gut gegen Erschütterungen geschützt. Mit einer mit Batterie betriebenen Heizung wird die Temperatur konstant auf 51,5°C gehalten. Damit wird die Instrumentendrift auf die Grössenordnung von 1 mgal pro Monat reduziert. Mit diesem Instrument haben freundlicherweise Herr Dr. Kissling vom Institut für Geophysik die Profile Küssnacht und Immensee und Herr Schwendener vom gleichen Institut das Profil Rifferswil gemessen.

Sämtliche Messpunkte des Profils Rifferswil wurden gleichzeitig mit dem Lacoste und Romberg und auch mit dem älteren Worden-Gravimeter durchgemessen, um die Drifteigenschaften des älteren Gerätes zu ermitteln. Die Instrumentendrift des Worden-Gravimeters war recht hoch. Dies bedingte, um brauchbare Resultate zu erhalten, Messabläufe in kurzen Schleifen,(d.h. dass man in kürzeren Zeitabständen wieder auf einen sog. Basispunkt zurückkehrt und annimmt, dass die Drift in der Zwischenzeit linear zu- oder abnimmt).

Auf diese recht zeitraubende Weise wurden von mir die Profile Mühlau, Muri, Eschenbach, Sursee und Büron durchgemessen.

Das Worden-Gravimeter hat eine Ablesegenauigkeit von $\frac{1}{100}$ mgal. Bei den Messungen wird der Zeiger des Instrumentes stets in Nullage eingespielt. Schweredifferenzen werden durch Betätigung einer Feinschraube gemessen, wobei ein Skalenteil der Feinschraube o,o972 mgal ausmacht. Nachteilig bei diesem Gerät wirkt sich aus, dass der Messbereich relativ klein ist, so dass bei Profilen mit grösserem Höhenunterschied mit der Grobschraube (Geodetic Dial) der Messbereich verstellt werden musste.

Damit genau die Vertikalkomponente der Schwere gemessen wird, ist es notwendig, dass das Gerät senkrecht auf den Neigungstisch justiert wird.

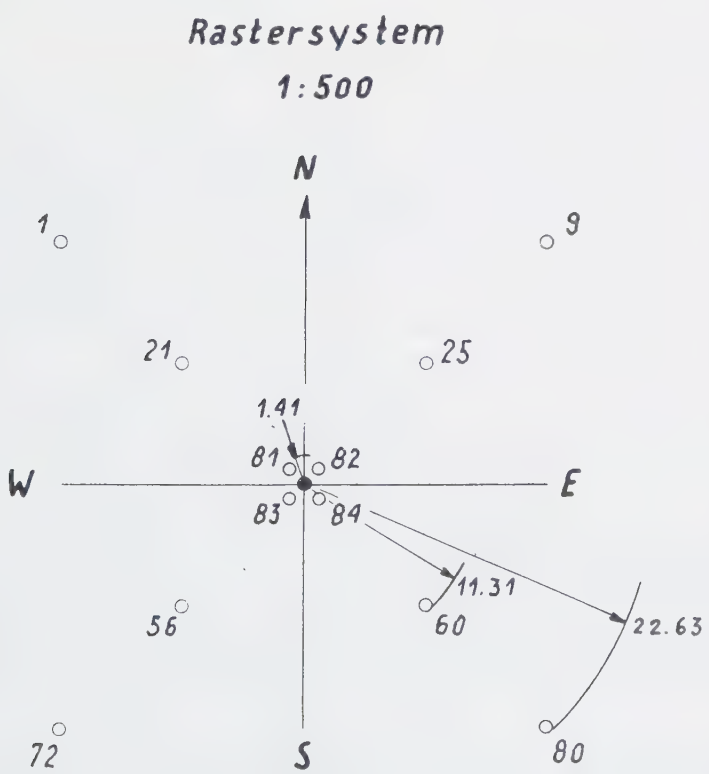
4.4.3 Feldarbeit

Nach Festlegung der Messstationen nach geomorphologischen Gesichtspunkten in der Karte 1: 25.000 war aus folgenden Gründen eine Begehung jedes einzelnen Punktes im Felde notwendig:

Die Geländegestalt der Umgebung eines Beobachtungsortes beeinflusst den Schwerewert. Bei der Auswertung wird dies genau berücksichtigt.(vgl. Kapitel 4.4.4 Theoretische Auswertung - Gelände- oder topographische Wirkung). Die Schwereeinwirkung von Massen um den Beobachtungspunkt ist eine Funktion des Abstandes. Deshalb wird im Feld darauf geachtet, dass die Nächstumgebung um den Beobachtungspunkt eine möglichst einfache Topographie aufweist. Zusätzlich dürfen keine Störfaktoren, wie Massenverlagerungen (Schutthalden etc.) oder Bodenhohlräume (Kanalisationen etc.) in Stationsnähe vorkommen.

Wichtig ist das Versiegeln der Messstationen im Felde. Stationen in Aeckern und Wiesen wurden verpflockt, Strassenpunkte im Asphalt mit Nägeln markiert. Dazu wurde jeder Messpunkt mit einem Situationsbeschrieb und einer Situationsskizze festgehalten. (Diese Detailunterlagen sind im Institut für Geophysik der ETH und bei mir archiviert).

Zeitaufwendiger als die Schweremessungen mit dem Gravimeter waren die Nivellierarbeiten. Um die hohe Genauigkeit der Gravimeter auszunützen, wurden die Messstationen auf 3 cm genau höhenvermessen, (da die Schwere um ca. o,o3 mgal/dm Höhenunterschied variiert).



Für die Berechnung der sog. topographischen Nächsteinflüsse (vgl. Kap. 4.4.4) wurden um jede Messstation 12 zusätzliche Punkte höhenvermessen. (Die 4 Nächstpunkte auf ± 5 cm, die 8 entfernteren auf ± 1o cm genau.)

Entgegenkommenderweise übernahmen die Kantone, in denen die Profile liegen, die Nivellierungsarbeiten.

Die Schweremessungen mit dem Lacoste und Romberg erfolgten im Herbst 198o, das Profil Rifferswil zusätzlich noch mit Worden-Gravimeter im Frühjahr 81 und die Mes-

sungen mit dem Worden im Frühling 1981.

Da mit den Instrumenten nur relative Schwereunterschiede messbar sind, verdichtete ich das Netz der sog. Basispunkte (bei denen die absoluten Schwerewerte bekannt sind), indem an die Punkte erster Ordnung (an Fundamentalpunkte angeschlossen) noch etliche Basispunkte zweiter Ordnung (nur an Basispunkte erster Ordnung angehängt) eingeführt wurden.

4.4.4 Theoretische Auswertung

Die Ablesung erfolgt bei den Instrumenten in Skalenteilen, die mit instrumenteneigenen Umrechnungsfaktoren auf Milligal umgerechnet werden.

Durch Berechnung der Schweredifferenzen der Messstationen zu Fundamental- oder Basispunkten erster Ordnung (von denen absolute Schweredaten bekannt sind) werden unkorrigierte Schwerewerte $g_{\text{beobachtet- unkorrigiert}}$ bestimmt.

Im Anschluss wird die Gezeiteneinwirkung für die einzelnen Messzeitpunkte durch Interpolationen aus den Gezeitentabellen ermittelt. Des weiteren werden die Korrektur der Stativhöhen (mit dem Freiluftgradienten o,3o86 mgal/m) und schliesslich die Driftkorrekturen des Messgerätes durchgeführt.

Auf diese Weise erhält man die korrigierten Schwerebeschleunigungen $g_{\text{beobachtet + korrigiert}}$, g_{b+k}.

Für jede Messstationwerden Koordinatenwerte, Höhenangaben und diese Schwerebeschleunigungen g_{b+k} via Lochkarten dem Computer eingegeben.

Um vergleichbare Werte zu erhalten, müssen diese Schwerewerte g_{b+k} auf ein eingeebnetes, gemeinsames Bezugsniveau umgerechnet, d.h. reduziert werden, als ob die Messungen auf einer theoretischen Bezugsfläche (wobei die Geländefläche mit der Bezugsfläche identisch wäre) ausgeführt würden.

Diese Rechnungen bezeichnet man als Schwerereduktionen. Folgende Einflüsse müssen bestimmt und von der gemessenen und korrigierten Schwere g_{b+k} abgezogen werden:

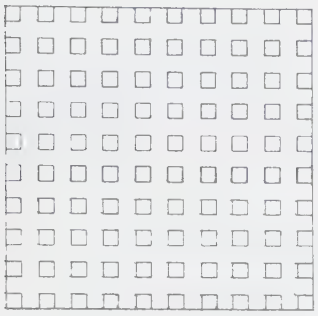
- Einfluss der Geländegestalt (= Gelände- oder topographische Wirkung $(\Delta g)_T$. Früher hat man diese Arbeit unter dem Begriff Terrainkorrektur durch zeitraubendes Auszählen und Umrechnen von einzelnen höhenbestimmten Sektorenteilen um den Messpunkt erledigt. Dabei musste für jede Messstation die volle Arbeit für die ganze Umgebung durchgeführt werden.

Trotzdem heute Computerprogramme für diesen Reduktionsschritt zur Verfügung stehen, ist der manuelle Arbeitsaufwand (Erfassen der Daten, die dem Computer eingegeben werden) immer noch sehr gross.

Der grösste Vorteil und eine enorme Zeitersparnis liegt darin, dass heute die Daten betr. Terrainhöhen flächenhaft

erfasst werden können und der Computer nach Programm die einzelnen Einflüsse sämtlicher erfasster Punkte (bis 2,5 km Entfernung) auf die jeweilige Messstation bezogen, rechnet. Auf diese Art und Weise kann die Auszählarbeit aus den Landeskarten M 1 : 25.000 quadratkilometerweise (100 Höhen-Ablesungen pro km2) geschehen und die Daten stehen für beliebige zukünftige Messstationen dieses Rayons bereits zur Verfügung.

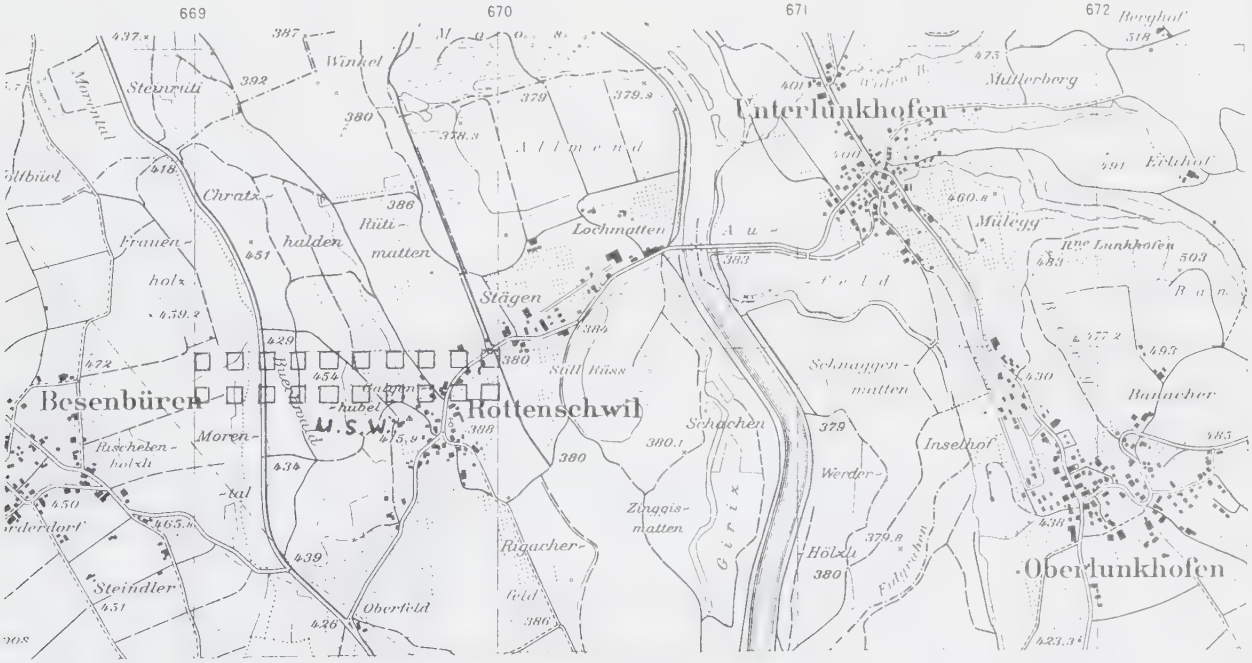
Damit werden die Terraineinflüsse der sog. Nahtopographie im Radius von 18 m bis 2,5 km um die Messstation berücksichtigt. Auf der Karte angebrochene Quadratkilometer müssen voll ausgezählt werden.



Das Auszählen geschieht, indem eine Transparentfolie nach nebenstehendem Muster auf die Karte 1 : 25.000 aufgelegt und an Hand der Höhenlinien auf 2 m genau die hundert Höhendaten herausgelesen werden.

Diese Daten werden auf Lochkarten übertragen. (Man benötigt 11 voll gelochte Karten pro km^2).

Die Auswertung geschieht mit dem Computerprogramm Modtop.



Kartenausschnitt 1:25.000, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 11. September 1979.

Diese Methode wurde übernommen von der "Gruppe Gravimetrie" des Institutes für Geophysik der ETHZ (E. Klingelé, E. Kissling und H. Schwendener).

Die detaillierte Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte ist im Kapitel 4.4.5 bei Profil Nr. 56 Boswil aufgeführt.

Für jede einzelne Messstation muss noch die Korrektur der sog. Nächsttopographie o - 18 m berücksichtigt werden. Die unter 4.4.3 beschriebenen, auf die Messstationen bezogenen Relativ-Höhenunterschiede werden einzeln auf Lochkarten gestanzt. Ein Computerprogramm (Programm Charibe) berechnet die entsprechenden Schwereeinflüsse auf die Messstation.

Die Beeinflussung der Ferntopographie (2,5 - 4o km) ist für die Schweiz programmiert und die Reduktionen erfolgen für die einzelnen Messstationen ohne zusätzliche manuelle Eingaben.

- Wirkung der zwischen dem Stationsniveau und dem Bezugsniveau liegenden Gesteinsplatte (= Bouguer-Platte) $(\Delta g)_{BPl}$

Das Gelände ist nach der Terrainkorrektion auf die Höhe des Messpunktes abgeflacht, resp. aufgeschüttet zu denken. Die zu reduzierende Bouguermasse besteht aus einer Platte der Dicke H über der Referenzfläche. Die Anziehung dieser Bouguer-Platte wird abgezogen. Sie beträgt

$$(\Delta g)_{BPl} = 2\pi \cdot k_o \cdot \varrho \cdot H$$

k_o = Gravitationskonstante = $6{,}67 \times 10^{-8} cm^3 g^{-1} sec^{-2}$

ϱ = mittlere Gesteinsdichte, bei unseren Berechnungen durchwegs mit 2,5 g/cm^3 angenommen.

Auch diese Reduktion führt der Computer aus.

- Einfluss der Stationshöhe (= Niveau- oder Freiluft-Wirkung) $(\Delta g)_{Fr}$

$$(\Delta g)_{Fr} = -\frac{2\, g_n}{r_E} \times H \approx -0{,}3088 \text{ mgal/m bei } = 45^o$$
$$\approx -0{,}3086 \text{ mgal/m in unseren Breiten}$$

r_E = mittlerer Erdradius

H = Höhenunterschied zwischen Messstation und Bezugsniveau

Dies ist ebenfalls eine Computerarbeit.

Nach allen Korrekturen und Reduktionen können die reduzierten Schwerewerte g_r der Messstationen direkt miteinander verglichen werden. Es gilt:

$$g_r = g_{b+k} - (\Delta g)_T - (\Delta g)_{BPl} - (\Delta g)_{Fr}$$

Dabei ist

- die Geländewirkung $(\Delta g)_T$ immer positiv
- die Wirkung der Bouguer-Platte $(\Delta g)_{BPl}$
  negativ, wenn sie über dem Bezugsniveau liegt
  positiv, " " unter " " "
- der Freiluftgradient $(\Delta g)_{Fr}$
  positiv, wenn die Station über dem Bezugsniveau liegt
  negativ, " " " unter " " "

Als Bezugsniveau hat sich in der Praxis ein abgeplattetes Rotationsellipsoid, auch Erdellipsoid genannt, eingebürgert. Die theoretischen Schwerebeschleunigungen auf diesem Bezugsniveau bezeichnet man mit Normalschweren g_n. Diese Normalschweren verändern sich nur nach den geographischen Breiten φ und lassen sich nach folgender Schwereformel berechnen:

$$g_n = g_{Aequ} \quad (1 + b \cdot \sin^2 \varphi - \beta \cdot \sin^2 2\varphi)$$

Dabei bedeuten: g_n = Normalschwere in Gal

g_{Aequ} = Schwere am Aequator = 978,o318 Gal

b = 5,3o24 $\quad 10^{-3}$

β = 5,87 $\quad 10^{-6}$

φ = geographische Breite

Die Differenz zwischen g_r und g_n bezeichnet man als bouguersche Schwereanomalie.

Diese bouguerschen Schwereanomalien wurden vom Institut für Geophysik mit dem Programm Plouff bestimmt.

Die bouguerschen Schwereanomalien habe ich als y-Werte in ein Koordinatensystem eingetragen, wobei auf der Abszisse (bei profilförmiger Anordnung der Mess-Stationen möglich) die Mess-Stationen in einem frei gewählten Masstab lagerichtig eingezeichnet werden.

Entspricht die Dichte der Reduktionsmasse der Normdichte von 2,5 g/cm^3, liegen bei profilförmiger Anordnung der Messstationen die im Koordinatensystem eingetragenen bouguerschen Anomalien auf einer Geraden.

Wird die Anordnung der Messstationen ungefähr parallel zu Linien gleicher bouguerscher Schwerewerte gelegt, ist die Lage der Geraden im Koordinatensystem ungefähr horizontal (Profile erster Priorität). Liegt das Profil jedoch schräg zu Linien gleicher bouguerschen Anomalien, wird die Lage der Geraden im Koordinatensystem steil.(Profile zweiter Priorität). Die Lage der Geraden wird unter dem Begriff "Regionalanomalie des Profils" definiert.

Bei der Profilwahl wird darauf geachtet, dass auf beiden Profilseiten je einige Messstationen auf dem anstehenden Fels liegen. Dadurch wird die Regionalanomalie, die man aus der Schwerekarte der Schweiz bestimmen kann, verifiziert.

Die quartären Talauffüllungen mit Lockergestein weisen tiefere Durchschnittsdichten als die Normdichte auf. Die Profile wurden so gewählt, dass Messstationen im mittleren Profilteil auf Lockergestein (unbekannter Mächtigkeit) liegen.

Bei solchen Messstationen ist nun aber die Dichte der Reduktionsmasse kleiner als die Normdichte. Dadurch erhält man eine negative Anomalie. Diese negative Anomalie bestimmt man praktisch (aus den im Koordinatensystem eingetragenen Werten) aus der Differenz zwischen bouguerschen Anomalie und Regionalanomalie. Sie wird unter dem Begriff Residual-Anomalie geführt.

Wären die Durchschnittsdichten des Lockergesteins genau bekannt, könnte mit der Formel für die Anziehung einer Platte die Lockergesteinsmächtigkeit angenähert ermittelt werden:

$$h_{LG} = \frac{|\Delta g|}{2\pi \cdot k_o \cdot \Delta \varrho}$$

Dabei bedeutet

h_{LG} = Mächtigkeit des Lockergesteins in cm

$|\Delta g|$ = Absolutwert der Residualanomalie in gal

k_o = Gravitationskonstante = $6{,}67 \times 10^{-8}$ cm^3 g^{-1} sec^{-2}

$\Delta \varrho$ = Dichtedifferenz $(2{,}5 - \varrho_{LG})$ in g/cm^3

Die einzige Unbekannte, die abgeschätzt werden muss, ist die Durchschnittsdichte des Lockergesteins. Da die Talauffüllungen heterogen sind, resultieren da gewisse Berechnungsfehler.

N. Pavoni (1962) hat im Kapitel "Geologische Interpretation der lokalen bouguerschen Schwereanomalien" der Arbeit "Schweremessungen in der Umgebung von Zürich" je nach vermutetem Untergrund, mittlere Dichten von 2,1 g/cm^3 für trockene Schotter mit Moränenüberlagerung, 2,26 g/cm^3 für Moränen und Schotter nass und 2,32 g/cm^3 für vorwiegend Moränematerial unterschieden. (Es waren damals noch keine Tiefbohrungen im Lockergestein in der Gegend vorhanden). Vergleiche mit Bohrdaten ergaben, dass die von N. Pavoni berechneten Ergebnisse mit den getroffenen Berechnungsannahmen, den Realitäten recht nahe kommen.

Für die Talabschnitte mit mächtigen Lockergesteinsauffüllungen bringt die Annahme einer mittleren Lockergesteinsdichte von 2,15 g/cm^3 (Grundlage meiner Interpretation) die wahrscheinlichste Genauigkeit.

Die Auflösung obiger Gleichung bringt demnach nachfolgende Beziehung zwischen negativer Anomalie und Lockergesteinsmächtigkeit:

Annahme: Residualanomalie = 1 mgal

$$h_{LG} \approx \frac{0{,}001}{2\pi \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 0{,}35} \approx 6800 \text{ (in cm)}$$

Bei diesen Berechnungsannahmen verursacht ca. 68 m Lockergesteinsmächtigkeit eine negative Anomalie von 1 mgal.

Da man bei dieser Berechnungsart nur zweidimensional arbeitet, räumliche Seiteneinflüsse (z.B. Muldenende) nicht berücksichtigt und mit der theoretischen Annahme der Anziehung einer Platte ebenfalls abstrahiert, resultieren sicher gewisse Fehler.

Von wissenschaftlichem und praktischem Interesse wäre die Bestimmung der negativen Schwereanomalien bei vorhandenen Tiefbohrungen bis auf den Fels. Mit den vorhandenen Angaben der Lockergesteinsarten und der Höhe des Grundwasserspiegels liessen sich perfekte Eichwerte bestimmen.

Die nachfolgenden Tabellen mit den berechneten Schwereanomalien zeigen bei den Stationen sämtlicher drei Anordnungsprioritäten (vgl. Kap. 4.4.1) brauchbare, ja teils sehr informative Resultate. (siehe Kap. 4.4.5 und 4.4.6).

4.4.5 Praktische Auswertung am Beispiel Profil Nr. 56 Boswil

Aus dem Kartenausschnitt auf der nächsten Seite (reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 11. September 1979) ist die Lage der Profilpunkte ersichtlich.

An diesem Profil sind die detaillierten Auszüge aus allen Arbeitsvorgängen aufgeführt. Bei allen andern Profilen (vgl. Kapitel 4.4.6) sind nur noch die Schlussergebnisse zusammengefasst.

Boswil Nr. 56 - Höhenvermessung der Messstationen und der "Nächstpunkte".

5601	579.01	5605	471.26	5609	441.12	5613	434.630
1	576.58	1	471.09	1	441.45	1	434.430
9	574.51	9	471.45	9	440.63	9	434.120
21	577.28	21	471.13	21	441.23	21	434.490
25	577.23	25	470.58	25	440.88	25	434.370
56	578.82	56	471.59	56	441.19	56	434.520
60	579.60	60 (HAUS 6.90)	471.45	60	440.71	60	434.540
72	579.42	72	472.16	72	441.43	72	434.540
80	584.13	80	—	80	440.53	80	434.360
81	578.87	81	471.25	81	441.14	81	434.550
82	578.80	82	471.22	82	441.04	82	434.650
83	579.04	83	471.33	83	441.12	83	434.580
84	579.17	84	471.27	84	441.04	84	434.660
5602	558.91	5606	467.27	5610	437.44	5614	434.496
1	555.45	1	463.69	1	437.05	1	434.029
9	552.22	9	465.82	9	437.03	9	434.079
21	556.97	21	466.74	21	437.11	21	434.219
25	555.85	25	467.29	25	437.28	25	434.159
56	561.61	56	466.99	56	437.17	56	434.160
60	557.95	60	467.83	60	437.02	60	434.580
72	564.13	72	466.48	72	437.10	72	434.100
80	557.83	80	468.28	80	436.82	80	434.520
81	559.03	81	467.20	81	437.46	81	434.440
82	558.78	82	467.28	82	437.44	82	434.570
83	558.93	83	467.26	83	437.44	83	434.370
84	558.79	84	467.33	84	437.38	84	434.480
5603	521.87	5607	454.36	5611	436.75	5615	434.525
1	521.70	1	454.46	1	436.23	1	431.610
9	517.29	9	453.85	9	436.06	9	434.100
21	521.47	21	454.35	21	436.27	21	434.280
25	519.53	25	454.10	25	436.64	25	433.920
56	524.04	56	454.69	56	436.47	56	434.620
60	522.63	60 (HAUS) 5.40	454.44	60	435.75	60	434.890
72	564.13	72	454.66	72	436.39	72	434.670
80	522.34	80	—	80	435.59	80	435.010
81	521.77	81	454.49	81	436.78	81	434.510
82	521.79	82	454.31	82	436.74	82	434.610
83	521.87	83	454.43	83	436.76	83	434.520
84	521.97	84	454.34	84	436.65	84	434.700
5604	487.10	5608	447.42	5612	435.47	5616	439.900
1	486.16	1	447.84	1	434.87	1	438.760
9	489.79	9	447.70	9	435.26	9	442.340
21	486.46	21	447.63	21	435.10	21	439.390
25	486.07	25	447.31	25	435.38	25	440.790
56	497.97	56	447.59	56	435.08	56	438.680
60	493.40	60	447.26	60	435.54	60	438.960
72	489.20	72	447.79	72	435.43	72	437.470
80	487.71	80	447.09	80	435.59	80	438.730
81	487.05	81	447.46	81	435.42	81	439.920
82	487.06	82	447.40	82	435.39	82	440.020
83	487.19	83	447.44	83	435.49	83	439.780
84	487.14	84	447.40	84	435.50	84	439.570

Profil I-I
Profil K-K
Profil 6-6
Profil 7-7
Profil 8-8
Profil L-L
Boswil
Bünzen
Besenbüren
Rottenschwil
Althäusern
Aristau
Unterlunkhofen
Oberdorf
Werd
Arbeitskolonie
Haulihof
Rütihof
Schachen
Hinterdorf
Vorderdorf
Steindler
Holzerhof
Oberfeld
Zelgli
Mörge
Oberboden
Chapf
Büelmüli
Erlenmatten
Heinrfeld
Wildmatten
Willenmatten
Vorstatt
Juchacher
Rixaxil
Chilhalden
Wilmatten
Stägen
Schachen
Werd
Jone
Oberdun

5617	449.988
1	450.540
9	451.233
21	450.263
25	450.663
56	449.260
60	449.580
72	449.300
80 (HAUS 1700)	449.480
81	450.030
82	450.030
83	449.790
84	449.940

5618	463.420
1	464.140
9	463.180
21	463.690
25	463.350
56	463.510
60	462.960
72	463.650
80	462.660
81	463.520
82	463.440
83	463.330
84	463.290

5619	457.340
1	457.850
9	456.230
21	457.596
25	456.850
56	457.630
60	456.850
72	458.020
80	456.750
81	457.470
82	457.290
83	457.350
84	457.230

5620	430.862
1	429.420
9	430.720
21	429.610
25	430.580
56	429.920
60	430.850
72	429.910
80	432.760
81	430.750
82	430.870
83	430.800
84	430.910

5621	431.149
1	433.020
9	431.050
21	432.090
25	430.960
56	431.550
60	430.120
72	432.010
80	428.980
81	431.290
82	431.130
83	431.080
84	431.000

5622	388.346
1	388.560
9	388.160
21	388.440
25	388.250
56	388.920
60	388.340
72	389.520
80	388.210
81	388.380
82	388.297
83	388.410
84	388.410

5623	380.792
1	378.970
9	379.960
21	379.730
25	380.640
56	380.880
60	381.010
72	380.770
80	380.860
81	380.670
82	380.790
83	380.720
84	380.870

5624	379.225
1	378.860
9	379.220
21	379.070
25	379.300
56	379.120
60	379.250
72	379.110
80	379.150
81	379.200
82	379.160
83	379.170
84	379.150

5625	378.940
1	378.940
9	378.960
21	379.060
25	378.920
56	379.020
60	378.750
72	378.860
80	378.860
81	378.980
82	378.920
83	378.940
84	378.900

5626	382.790
1	381.830
9	382.190
21	381.890
25	383.400
56	382.222
60	383.182
72	382.180
80	383.070
81	382.722
82	382.830
83	382.730
84	382.860

5627	389.650
1	389.862
9	390.860
21	389.740
25	390.340
56	389.390
60	389.970
72	388.840
80	390.242
81	389.770
82	389.820
83	389.780
84	389.830

5628	408.607
1	409.290
9	412.410
21	408.860
25	410.930
56	408.040
60	408.920
72	409.387
80	408.820
81	408.590
82	408.710
83	408.480
84	408.640

5629	454.683
1	452.900
9	458.130
21	453.890
25	455.980
56	449.970
60	455.238
72	446.130
80	455.130
81	454.580
82	454.650
83	454.610
84	454.770

5630	475.930
1	476.290
9	477.920
21	476.840
25	476.780
56	474.660
60	475.130
72	473.790
80	474.480
81	475.970
82	475.910
83	475.860
84	475.910

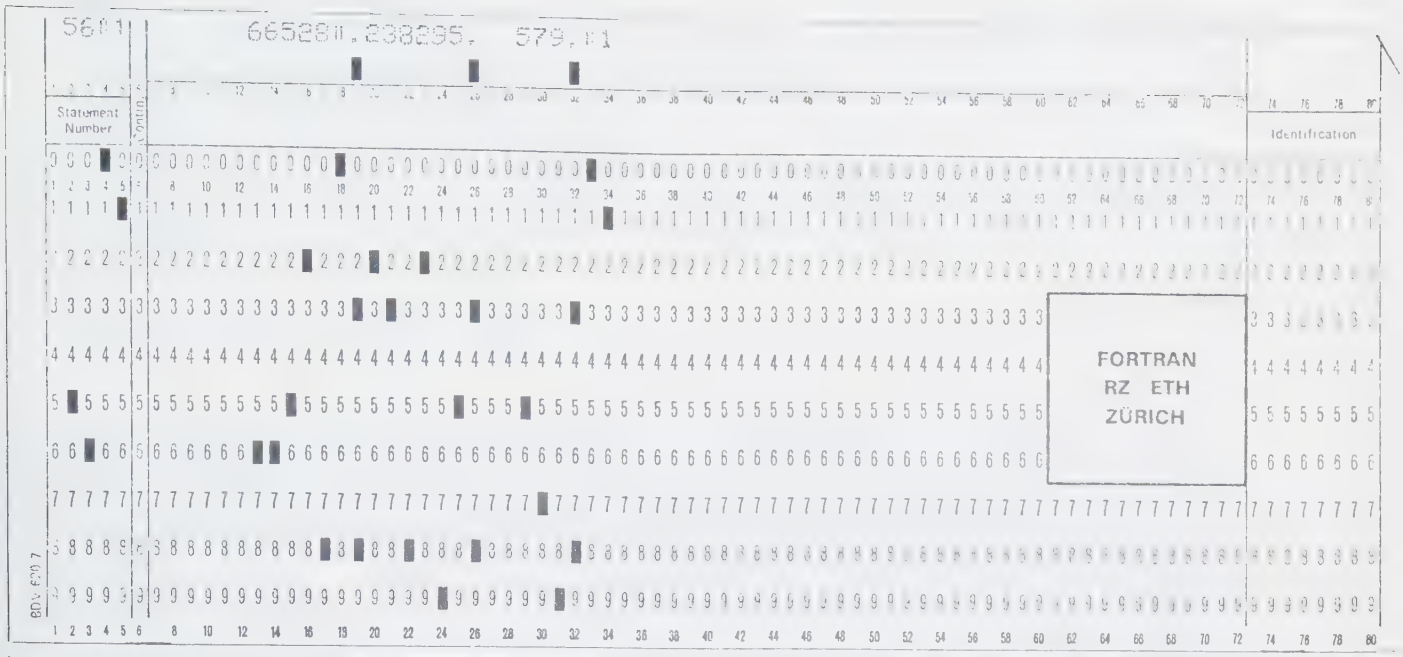
BOSWIL Nr. 56 - Aufnahme der "Nächst-Topographie" (0-18m) um jede Messstation

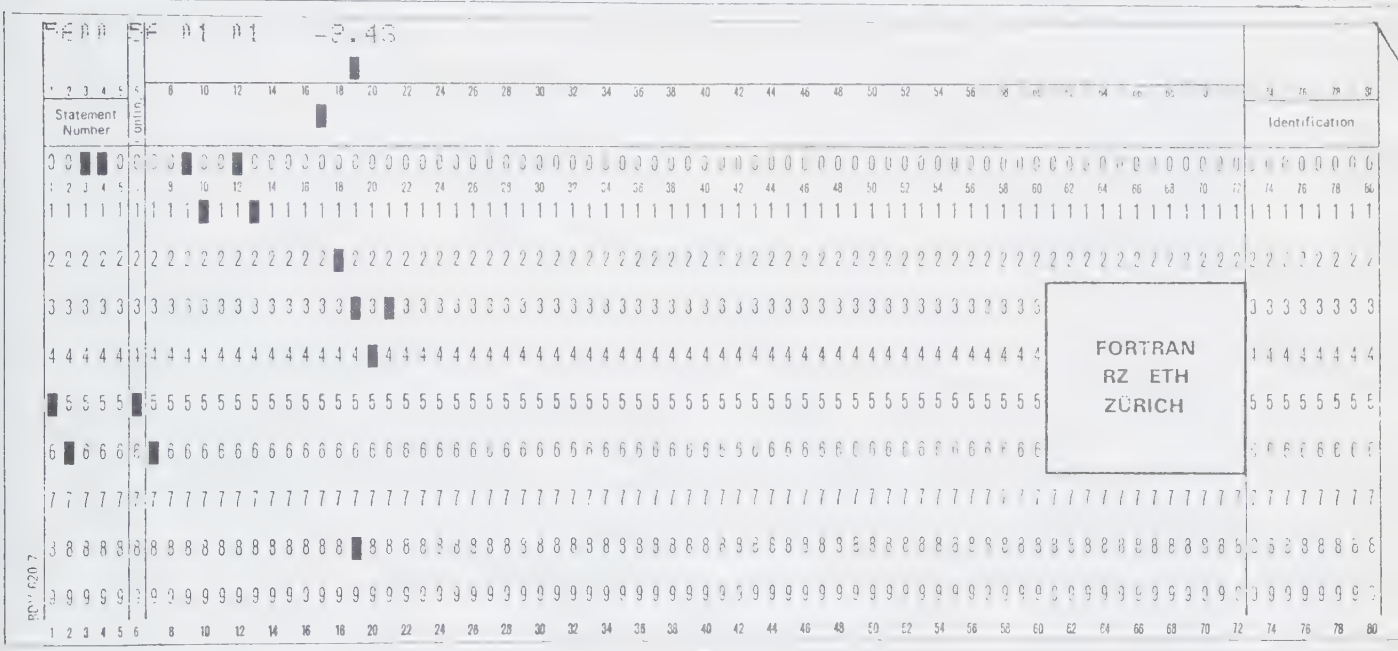
Für die Berechnung der "Nächsttopographie-Korrektur" 0-18m um jeden Messpunkt werden die relativen Höhendifferenzen zwischen der Messstation und den 12 "Nächstpunkten" (Anordnung vgl. S. 27) bestimmt.

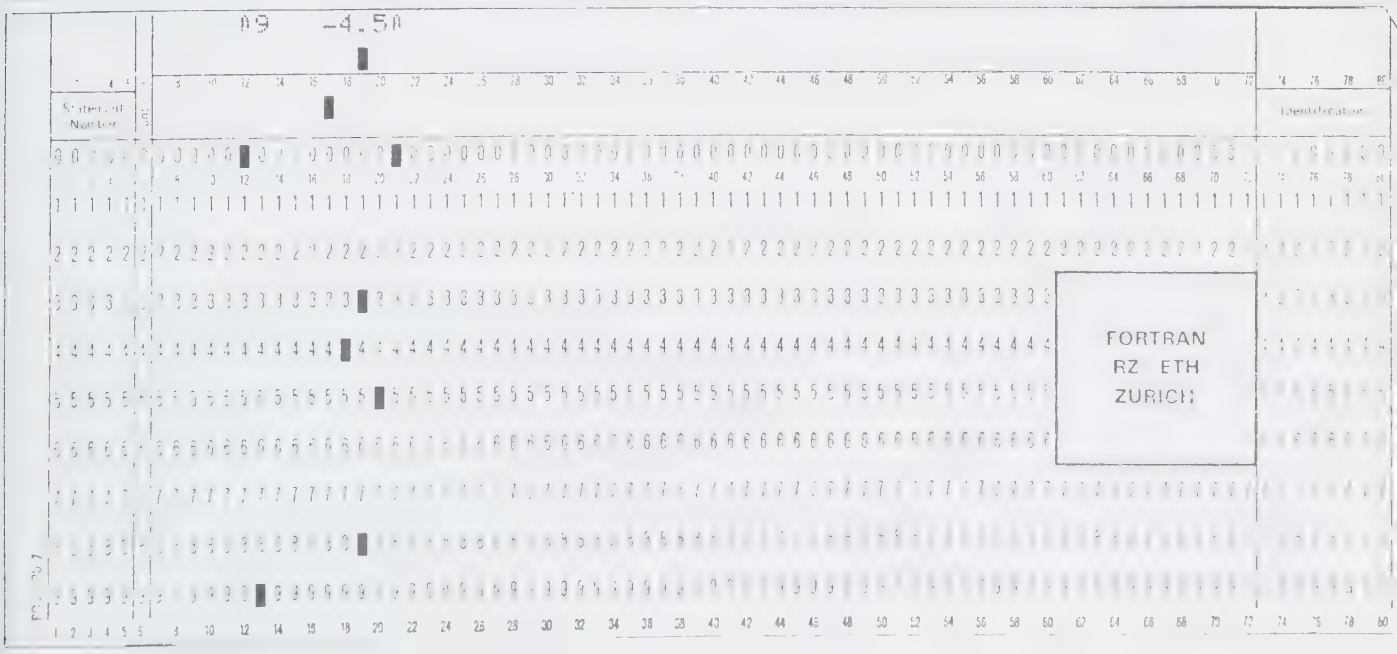
Messstation Nr.	"Nächstpunkte" um jede Messstation Höhendifferenz "Nächstpunkt"-Messstation in m											
	1	9	21	25	56	60	72	80	81	82	83	84
5601*	-2,43*	-4,50*	-1,73	-1,78	-0,19	0,59	0,41	5,12	-0,14	-0,21	0,03	0,16
02	-3,46	-6,69	-1,94	-3,06	2,70	-0,93	5,22	-1,08	0,12	-0,13	0,02	-0,12
03	-0,17	-4,58	-0,40	-2,34	2,17	0,76	42,26	0,47	-0,10	-0,08	±0	0,10
04	-0,94	-2,31	-0,64	-1,03	0,87	0,30	2,10	0,61	-0,05	-0,04	0,09	0,04
05	-0,17	0,19	-0,13	-0,68	0,33	0,19	0,90	-	-0,01	-0,04	0,07	0,01
06	-3,58	-1,45	-0,53	0,02	-0,28	0,56	-0,79	1,01	-0,07	0,01	-0,01	0,06
07	0,10	-0,51	-0,01	-0,26	0,33	0,08	0,30	-	0,13	-0,05	0,07	-0,02
08	0,42	0,28	0,21	-0,11	0,17	-0,16	0,37	-0,33	0,04	-0,02	0,02	-0,02
09	0,33	-0,49	0,11	-0,24	0,07	-0,41	0,31	-0,59	0,02	-0,08	±0	-0,08
10	-0,39	-0,41	-0,33	-0,16	-0,27	-0,42	-0,34	-0,62	0,02	± 0	±0	-0,06
11	-0,52	-0,69	-0,48	-0,11	-0,28	-1,00	-0,36	-1,16	0,03	-0,01	0,01	-0,10
12	-0,60	-0,21	-0,37	-0,09	-0,39	0,07	-0,04	0,12	-0,05	-0,08	0,02	0,03
13	-0,20	-0,51	-0,14	-0,26	-0,11	-0,09	-0,09	-0,27	-0,08	0,02	-0,05	0,03
14	-0,47	-0,42	-0,28	-0,34	-0,34	0,08	-0,40	0,02	-0,06	0,07	-0,13	-0,02
15	-2.92	-0,43	-0,25	-0,61	0,09	0,36	0,14	0,48	-0,02	0,08	-0,01	0,17
16	-1,14	2,44	-0,51	0,89	-1,22	-0,94	-2,43	-1,17	0,02	0,12	-0,12	-0,33
17	0,55	1,24	0,27	0,67	-0,73	-0,41	-0,69	-0,51	0,04	0,04	-0,20	-0,05
18	0,72	-0,24	0,27	-0,07	0,09	-0,46	0,23	-0,76	0,10	0,02	-0,09	-0,13
19	0,51	-1.11	0,26	-0,49	0,29	-0,49	0,68	-0,59	0,13	-0,05	0,01	-0,11
20	-1,44	-0,14	-1,25	-0,28	-0,94	-0,01	-0,95	1,90	-0,11	0,01	-0,06	0,05
21	1,87	-0,10	0,94	-0,19	0,40	-1,03	0,86	-2,17	0,14	-0,02	-0,07	-0,15
22	0,21	-0,19	0,09	-0,10	0,57	-0,01	1,17	-0,14	0,03	-0,05	0,06	0,06
23	-1,82	-0,83	-1,06	-0,15	0,09	0,22	-0,02	0,07	-0,12	± 0	-0,07	0,08
24	-0,37	-0,01	-0,16	0,07	-0,11	0,02	-0,12	-0,08	-0,03	-0,07	-0,06	-0,08
25	± 0	0,02	0,12	-0,02	0,08	-0,19	-0,08	-0,08	0,04	-0,02	± 0	-0,04
26	-0,96	-0,60	-0,90	0,61	-0,57	0,39	-0,61	0,28	-0,07	0,04	-0,06	0,07
27	0,21	1,21	0,09	0,69	-0,26	0,32	-0,81	0,59	0,12	0,17	0,13	0,18
28	0,68	3,80	0,25	2,32	-0,57	0,31	0,78	0,21	-0,02	0,10	-0,13	0,03
29	-1,78	3,45	-0,79	1,30	-4,71	0,56	-8,55	0,45	-0,10	-0,03	-0,07	0,09
30	0,46	2,09	1,01	0,95	-1,17	-0,70	-2,04	-1,35	0,14	0,08	0,03	0,08
	1	9	21	25	56	60	72	80	81	82	83	84

* Beispiel Lochkarte vgl. nächste Seite

Beispiel Lochkartenerfassung der Nächsttopographie 0 - 18 m





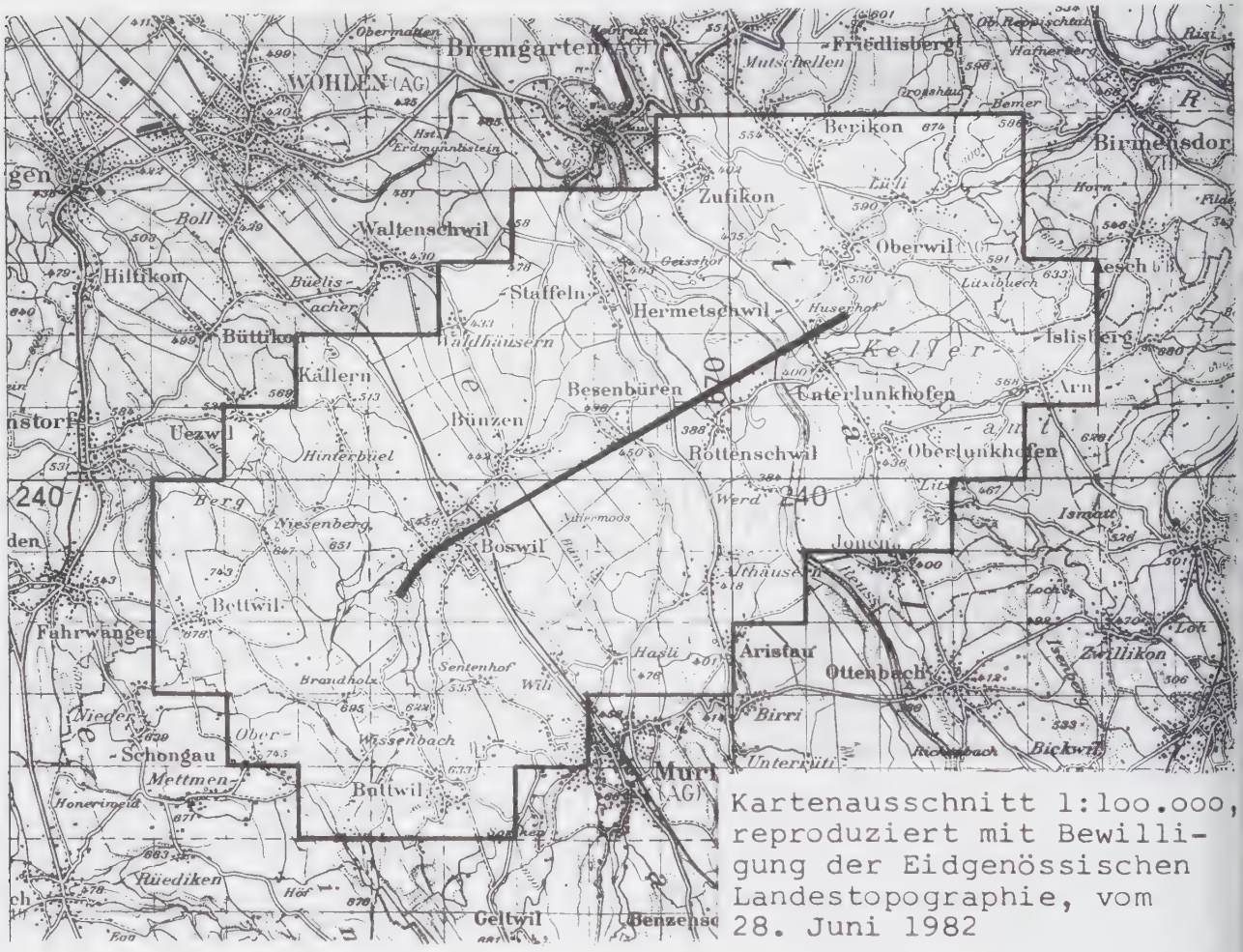


BOSWIL Nr. 56 - Aufnahme der "Nah-Topographie" (18m - 25ooom) um die Messstationen

Die Korrekturberechnungen der sog. Nahtopographieeinflüsse 18m - 25ooom erfolgen auf Grund von digitalisierten Höhenangaben der Region um den Messpunkt. Dabei wird das Gebiet bis 2,5 km Abstand vom Messpunkt erfasst.

Die Topographiedaten werden quadratkilometerweise bestimmt (vgl. S. 29).

Für die 3o Messpunkte des Profils Boswil Nr. 56 mussten für die Korrektur der Nahtopographie folgende Quadratkilometer höhenmässig erfasst und digitalisiert werden:



Kartenausschnitt 1:1oo.ooo, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 28. Juni 1982

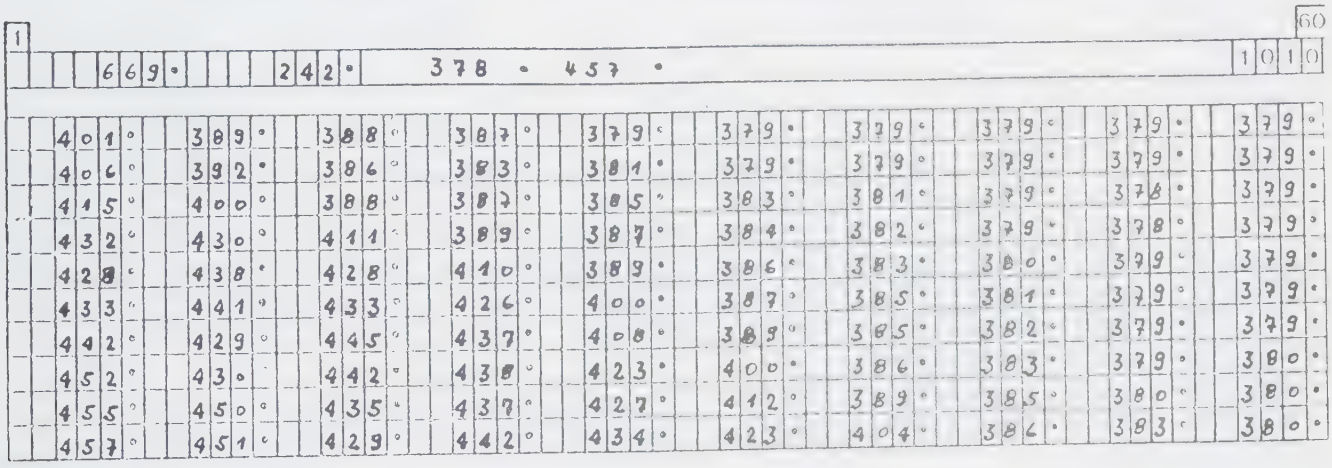
Die mittleren Höhen der hundert einzelnen Felder jedes Quadratkilometers werden in ein vom Institut für Geophysik ETH vorbereitetes Blatt eingetragen. Dabei ist die Lage des km^2 durch eine Koordinatenangabe (linke obere Ecke des km^2) fixiert.

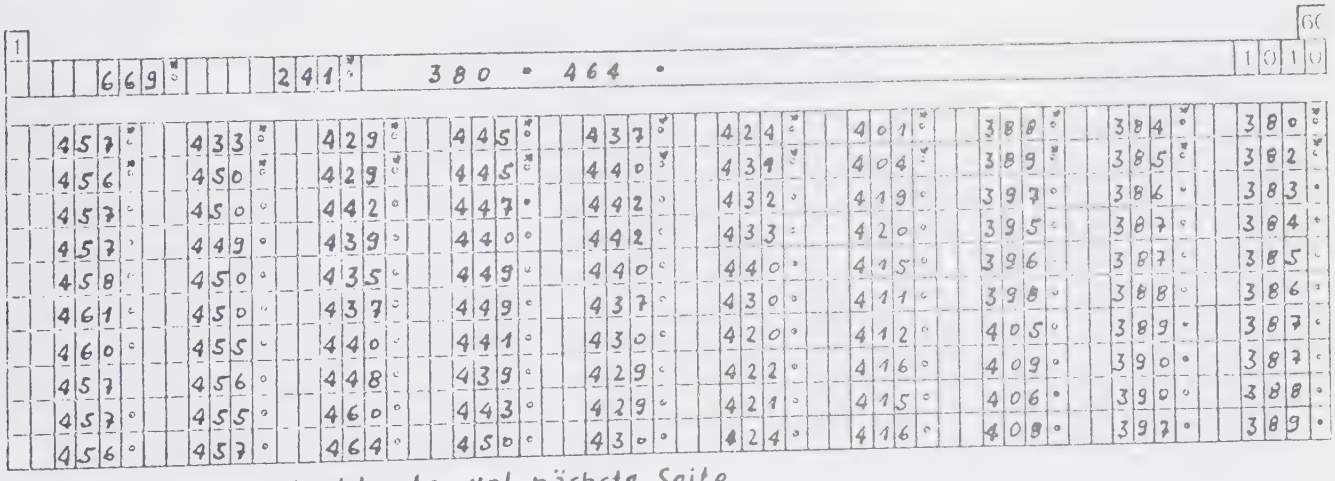
Liegt ein See im Gebiet des Quadratkilometers, wird die Höhe des Seegrundes markiert, dazu aber in der obersten Linie des Auszählblattes die Höhe des Seespiegels angegeben, damit die Wassermassen mit Dichte 1g /cm^3 ebenfalls für die Korrektur berücksichtigt werden.

Dazu werden auf der ersten Linie noch die Minimal- und Maximalhöhen von jedem km^2 festgehalten. Im Institut für Geophysik existiert ein Programm zur Eliminierung ev. Grobfehler der Höhenangaben (die bei der Vielzahl der zu schreibenden Ziffern mit Wahrscheinlichkeit vorkommen).

Nachfolgende Muster illustrieren die Höhenbestimmung in zwei Quadratkilometern. (vgl. dazu auch Kartenausschnitt M. 1: 25.000 in Kapitel 4.4.4, S. 29).

INSTITUT FÜR GEOPHYSIK, ETH ZÜRICH





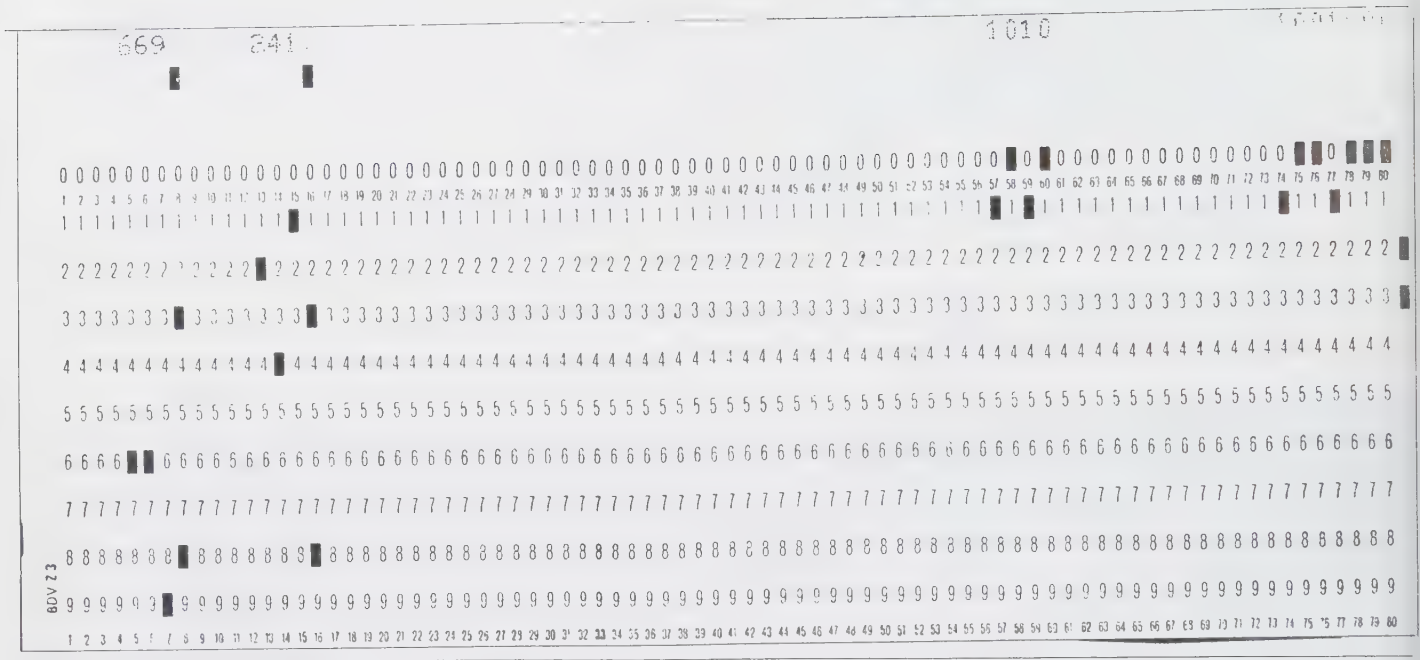
* *Beispiel Lochkarte vgl. nächste Seite*

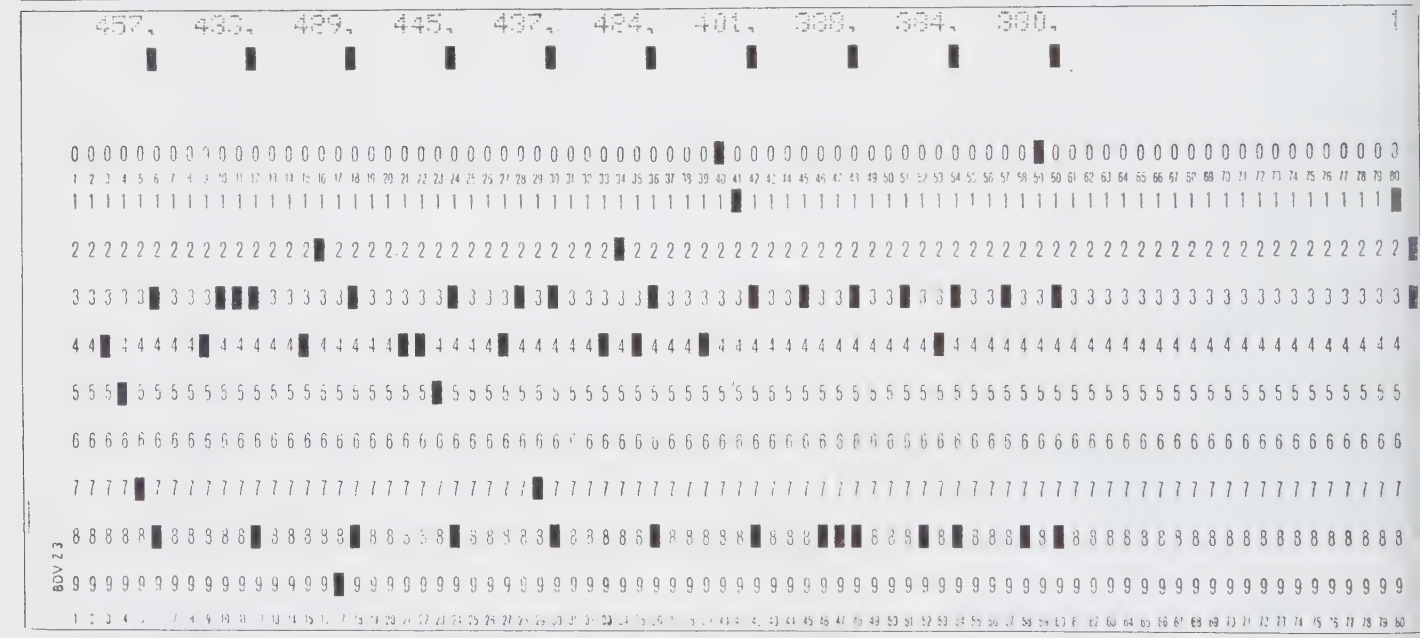
All diese Daten werden mit Lochkarten erfasst.
Für die 9 Gravimetrieprofile waren in total 593 km^2 die Höhen zu bestimmen.

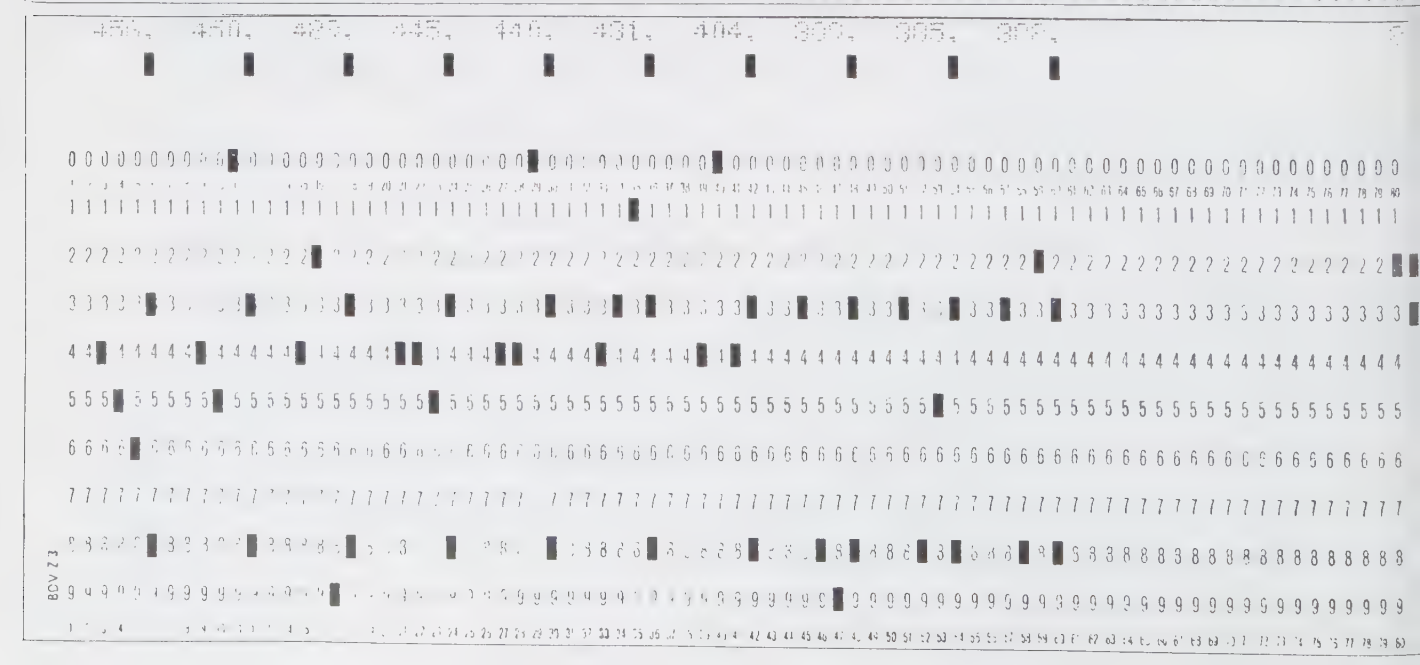
Berechnung der Ferntopographie

Je weiter die Massen von einem Messpunkt entfernt sind, umso geringer ist ihr Einfluss auf die Schwere an der Messstation selbst. Um sehr genaue Schwerewerte zu erhalten, hat das Institut für Geophysik ein Computerprogramm ausgearbeitet, das die Ferntopographieeinflüsse (> 2,5 km) berechnet (Ferntopographiekorrektur). Für diesen Arbeitsschritt sind keine manuellen Arbeiten mehr erforderlich.

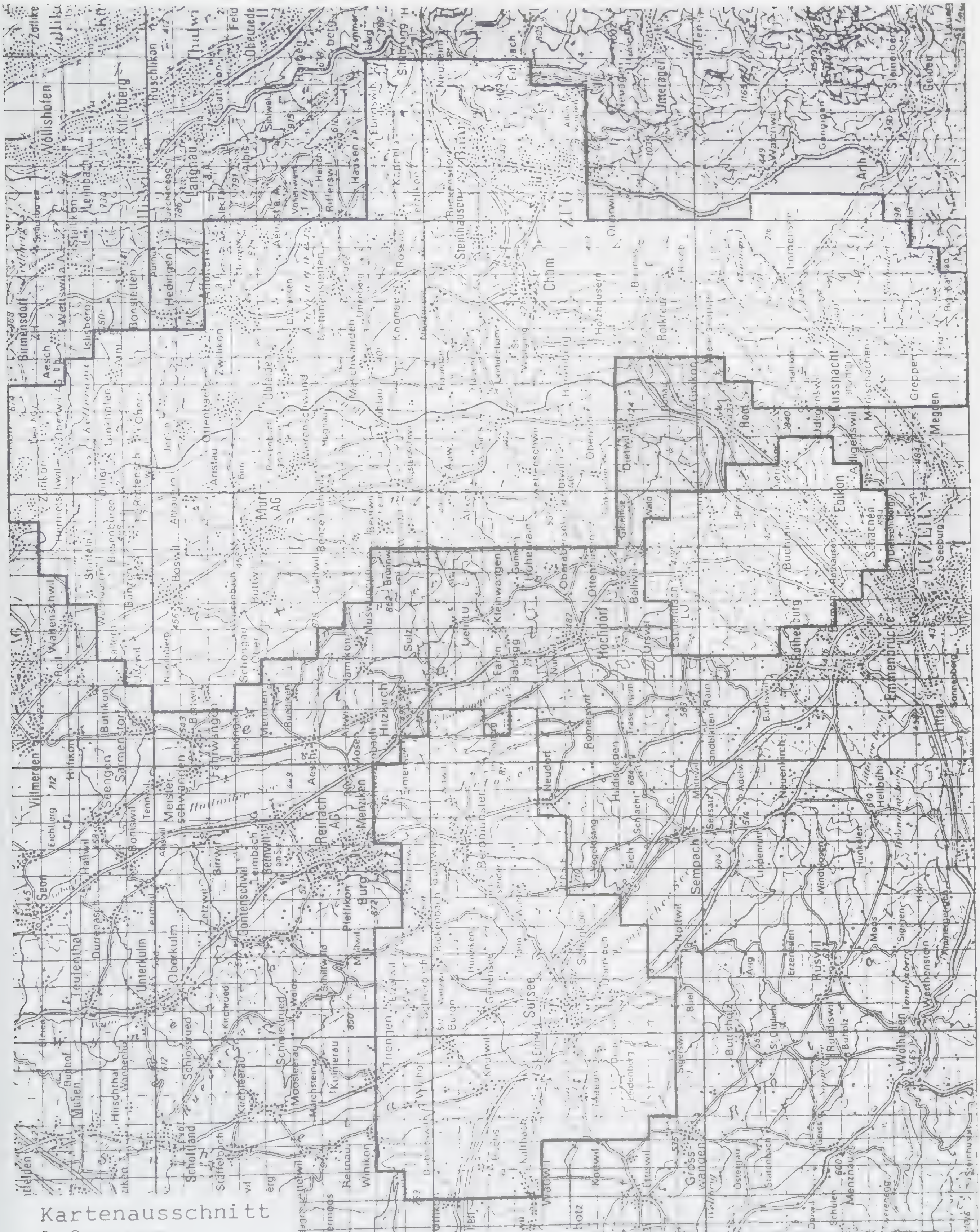
Beispiele Lochkartenerfassung der Nahtopographie 18 m - 2500 m.







Höhenmässig ausgezählte Quadratkilometer des gesamten Untersuchungsgebietes



Kartenausschnitt
1:200.000,
reproduziert mit Bewilligung der Eidg.
Landestopographie, vom 28. Juni 1982

Auszug aus dem Feldbuch: Messarbeiten mit dem Worden-Gravimeter
Profil Boswil Nr. 56

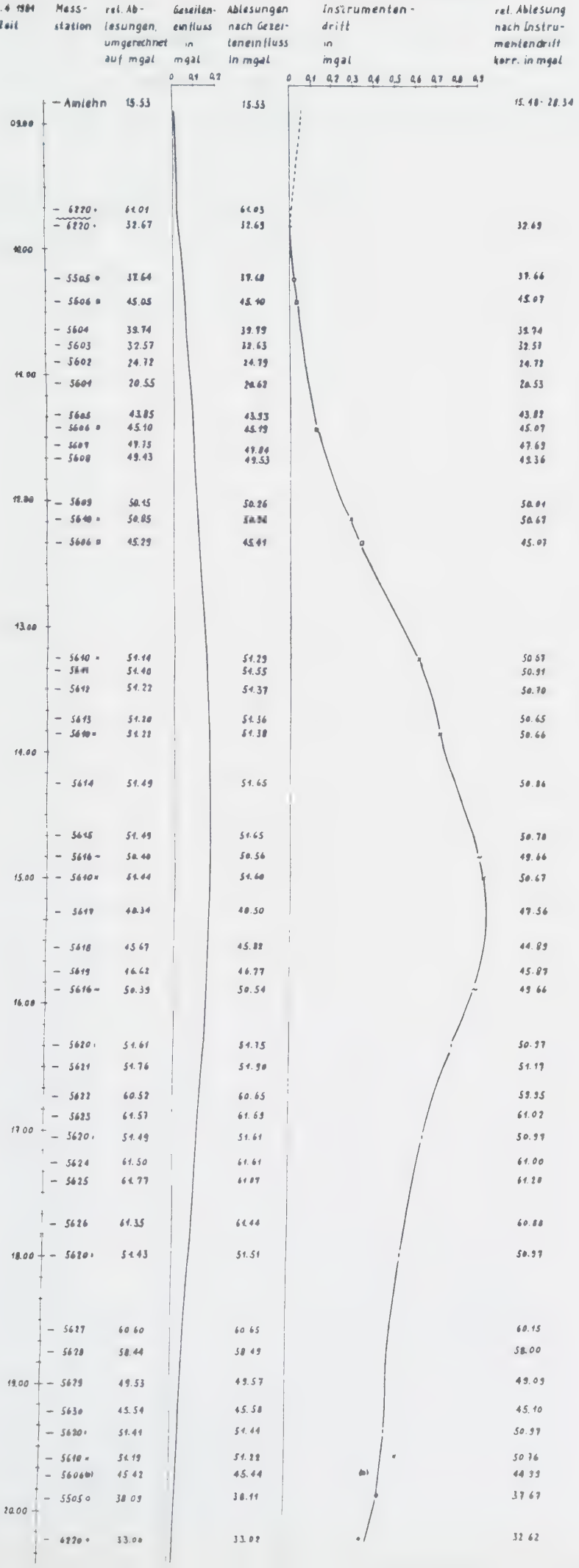
Dienstag, 21. April 1981

Messstation	Skalenteile	Zeit	Temp. °C	Instr. Höhe cm
Amlehn	16.oo	o8.5o	6	9,5
622o	62.85	o9.42	7,5	8
Verstellen des Messbereiches				
622o	33.66	o9.48	7,5	8
55o5	38.78	1o.14	8	9,5
56o6	46.41	1o.25	8	9
56o4	4o.94	1o.38	8	8,5
56o3	33.55	1o.46	8	9
56o2	25.47	1o.54	8,5	9,2
56o1	21.17	11.o4	7,5	9
56o5	45.17	11.19	1o,5	9
56o6	46.46	11.25	1o	9,5
56o7	49.19	11.33	11	9,5
56o8	5o.92	11.4o	11	9,5
56o9	51.66	12.o2	12	27,5
561o	52.38	12.o8	11,5	9,5
56o6	46.66	12.2o	12,5	9,5
561o	52.68	13.15	12,5	9
5611	52.95	13.21	13,5	9
5612	52.77	13.3o	13	34,5
5613	52.75	13.43	13	26
561o	52.77	13.52	13	1o
5614	53.o4	14.15	14	3o
5615	53.o4	14.4o	14	31
5616	51.92	14.5o	14,5	9,5
561o	52.99	15.oo	15	9,5
5617	49.8o	15.17	15	8,5
5618	47.o5	15.33	13	31
5619	48.o3	15.45	14	33
5616	51.91	15.53	15	9,5
562o	53.17	16.2o	15	9
5621	53.32	16.3o	13	33
5622	62.35	16.44	12,5	27,5
5623	63.43	16.53	14,5	32
562o	53.o4	17.o3	14	9,5
5624	63.36	17.16	15	34,7
5625	63.63	17.25	14,5	24,5
5626	63.2o	17.45	15	3o
562o	52.98	18.oo	13,5	9,5
5627	62.43	18.35	15,5	28
5628	6o.2o	18.45	14	9,5
5629	51.o2	19.oo	12,5	9
563o	46.91	19.13	12	9,5
562o	52.96	19.24	9	9,5
561o	52.74	19.36	12,5	9,5
56o6 ca. ca.	46.79	19.44	9	ca. 13 (Auto auf Messstation)
55o5	39.24	19.54	1o,5	9,5
622o	34.oo	2o.14	9	8,5

Der Umrechnungsfaktor von"Skalenteilen" auf "mgal" beträgt beim Worden-Gravimeter o,971.

Profil Boswil Nr. 56

Gezeiten- und Instrumentendriftkorrektur ausgeführt am 6. August 1981, kontrolliert am 12. Oktober 1981



BOSWIL Nr. 56 - Umrechnung der Relativwerte auf absolute Schwerewerte g_{b+k}

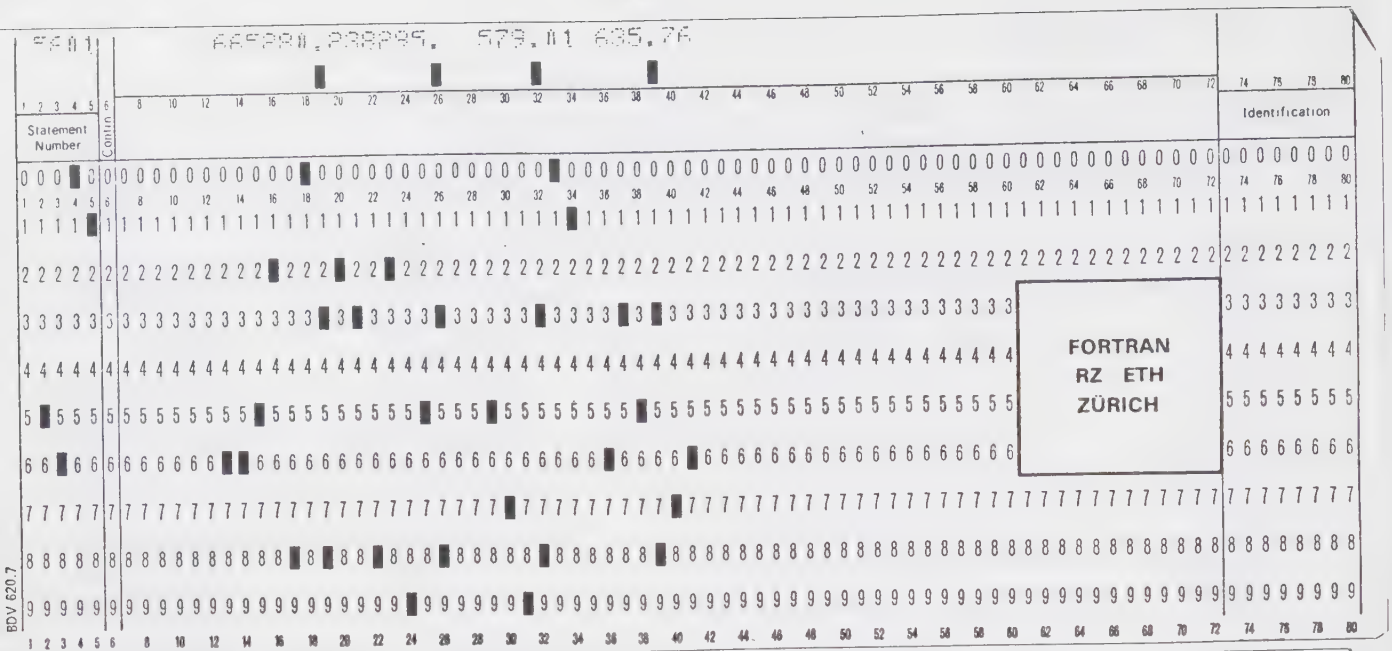
Ausgangsstation war der Basispunkt 1. Ordnung 622o, bei dem die absolute Schwerebeschleunigung 98o647,91 mgal beträgt.

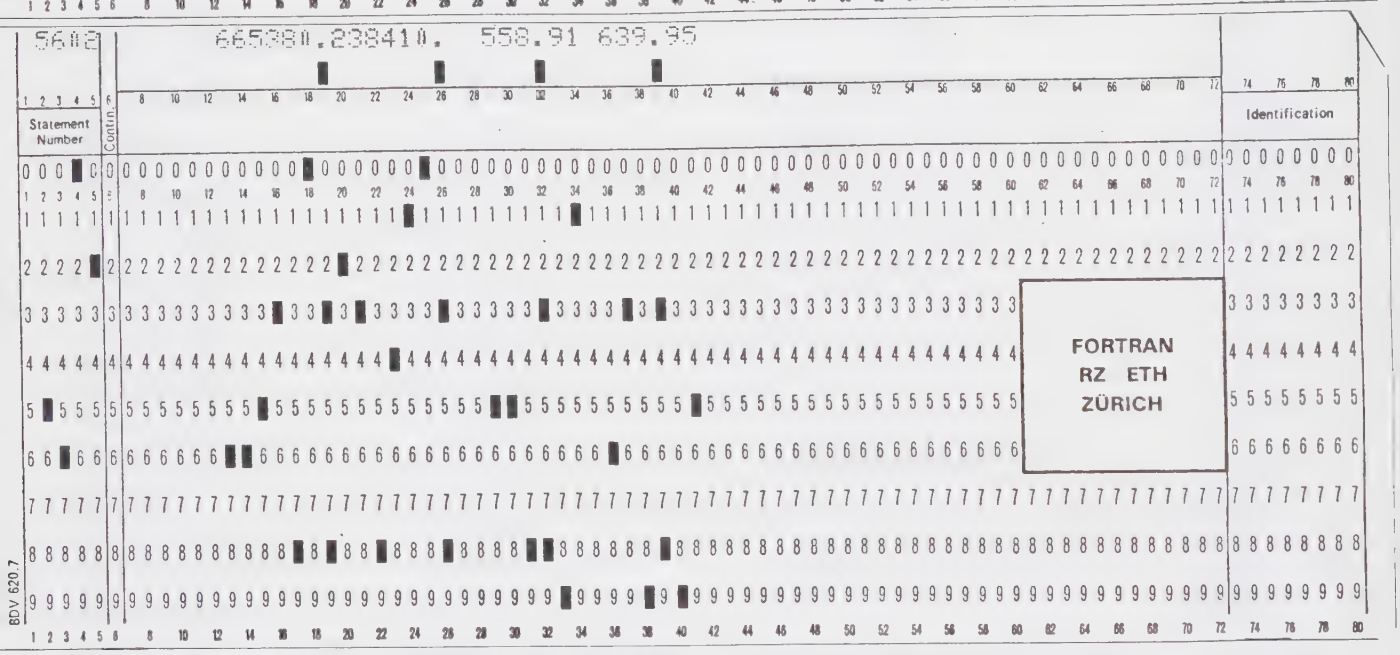
Messstation	rel.Ablesung korrigiert in mgal (vgl.S. 43)	Differenz zur Station 622o mgal	g_{b+k} auf Messinstrum. höhe in mgal	Korrektur der Stativhöhe mgal	g_{b+k} der Messstation in mgal
Amlehn	15.48-28.34	-45.55	6o2.34	o.o3	6o2.37
622o	32.69	o.oo	647.89	o.o2	647.91
55o5	37.66	+ 4.97	652.86	o.o3	652.89
56o1	2o.52	-12.16	635.73	o.o3	635.76
56o2	24.72	- 7.97	639.92	o.o3	639.95
56o3	32.57	- o.12	647.77	o.o3	647.8o
56o4	39.74	+ 7.o5	654.94	o.o3	654.97
56o5	43.82	+11.13	659.o2	o.o3	659.o5
56o6	45.o7	+12.38	66o.27	o.o3	66o.3o
56o7	47.69	+15.oo	662.89	o.o3	662.92
56o8	49.36	+16.67	664.56	o.o3	664.59
56o9	5o.o1	+17.32	665.21	o.o9	665.3o
561o	5o.67	+17.98	665.87	o.o3	665.9o
5611	5o.91	+18.22	666.11	o.o3	666.14
5612	5o.7o	+18.o1	665.9o	o.11	666.o1
5613	5o.65	+17.96	665.85	o.o8	665.93
5614	5o.86	+18.17	666.o6	o.o9	666.15
5615	5o.78	+18.o9	665.98	o.1o	666.o8
5616	49.66	+16.97	664.86	o.o3	664.89
5617	47.56	+14.87	662.76	o.o3	662.79
5618	44.89	+12.2o	66o.o9	o.1o	66o.19
5619	45.87	+13.18	661.o7	o.1o	661.17
562o	5o.97	+18.28	666.17	o.o3	666.2o
5621	51.17	+18.48	666.37	o.1o	666.47
5622	59.95	+27.26	675.15	o.o9	675.24
5623	61.o2	+28.33	676.22	o.1o	676.32
5624	61.oo	+28.31	676.2o	o.11	676.31
5625	61.28	+28.59	676.48	o.o8	676.56
5626	6o.88	+28.19	676.o8	o.o9	676.17
5627	6o.15	+27.46	675.35	o.o9	675.44
5628	58.oo	+25.31	673.2o	o.o3	673.23
5629	49.o9	+16.4o	664.29	o.o3	664.32
563o	45.1o	+12.41	66o.3o	o.o3	66o.33

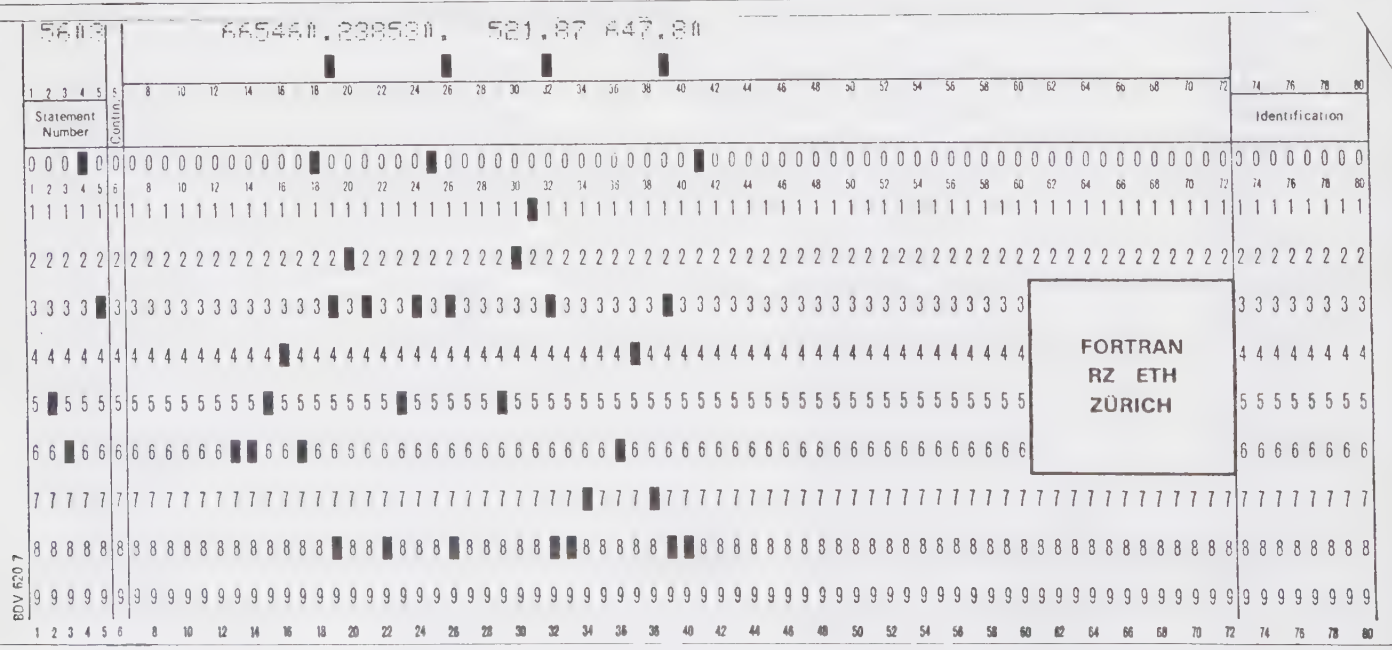
BOSWIL Nr. 56 - Zusammenstellung der Messpunktdaten, die dem Computer eingegeben werden

Messstation	Koordinaten	Höhenangabe müM	g_{b+k} in mgal
56o1 *	66528o/238295 *	579.o1 *	635.76 *
56o2 *	66538o/23841o *	558.91 *	639.95 *
56o3 *	66546o/23853o *	521.87 *	647.8o *
56o4	66561o/23861o	487.1o	654.97
56o5	66574o/23887o	471.26	659.o5
56o6	666o4o/239o7o	467.27	66o.3o
56o7	666255/239185	454.36	662.92
56o8	66648o/23937o	447.42	664.59
56o9	66674o/23949o	441.12	665.3o
651o	66698o/23963o	437.44	665.9o
5611	66718o/23973o	436.75	666.14
5612	667375/23982o	435.47	666.o1
5613	66757o/239935	434.63	665.93
5614	66776o/24oo7o	434.5o	666.15
5615	66799o/24o185	434.53	666.o8
5616	66827o/24o39o	439.9o	664.89
5617	668485/24o49o	449.99	662.79
5618	6688oo/24o745	463.42	66o.19
5619	669o8o/24o85o	457.34	661.17
562o	66923o/24o92o	43o.86	666.2o
5621	66947o/241ooo	431.15	666.47
5622	66968o/241115	388.35	675.24
5623	66995o/24125o	38o.79	676.32
5624	67o25o/24143o	379.23	676.31
5625	67o47o/24156o	378.94	676.56
5626	67o84o/241675	382.79	676.17
5627	67o945/241775	389.65	675.44
5628	67114o/24193o	4o8.61	673.23
5629	6714oo/242o9o	454.68	664.32
563o	67157o/242165	475.83	66o.33

* Beispiel Lochkarten vgl. nächste Seite





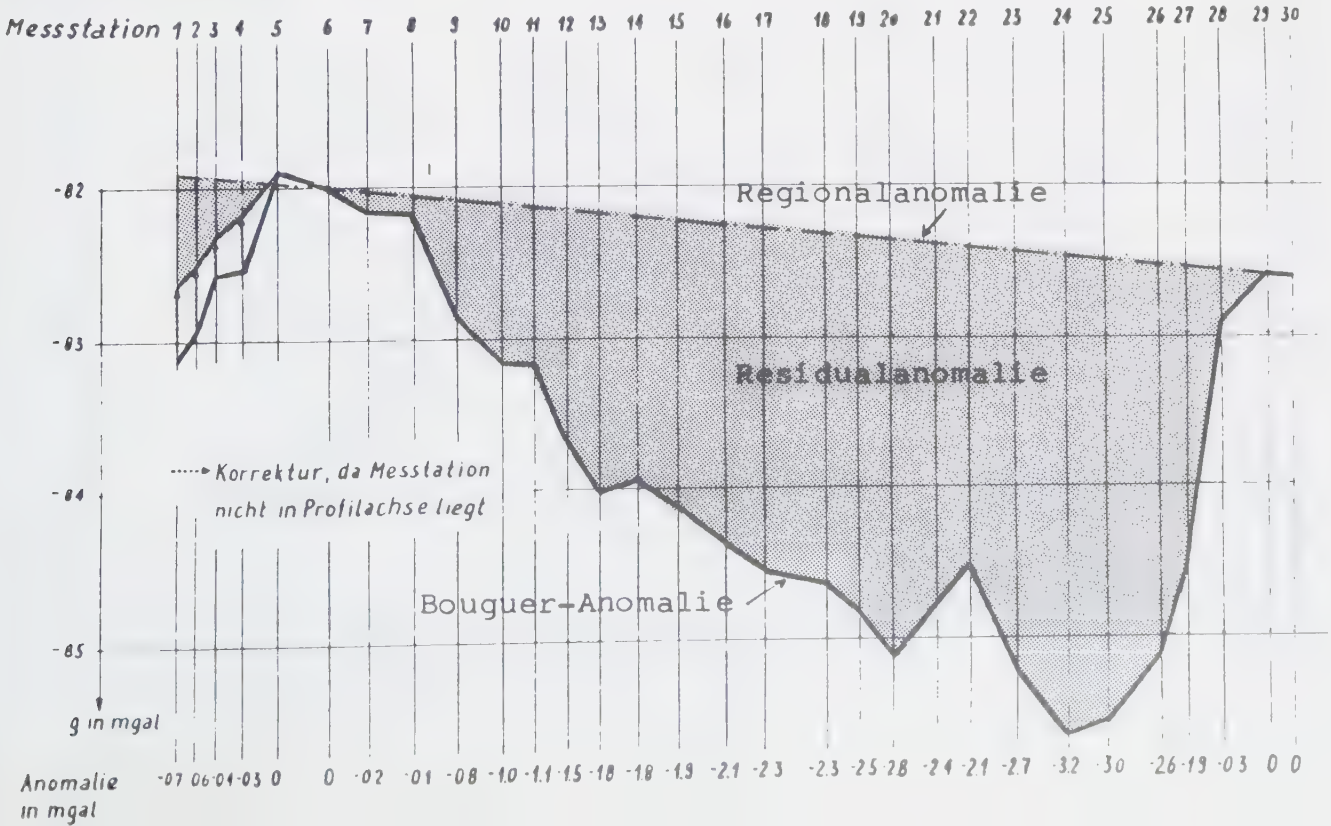


Die Bouguer-Anomalien wurden am Institut für Geophysik ETHZ analog der Arbeit "Die neue Schwere-Karte der Schweiz (Bouguer-Anomalien von Klingelé und Olivier(198o) berechnet. Dazu wurden die gleichen Basisstationen benützt, so dass die Daten kompatibel sind.

Profil BOSWIL Nr. 56 - Schlussergebnisse

Mess-Station	Koordinaten	müM	g_{b+k} -980000 in mgal	Topographie-korrektur	Bouguer-Anomalie in mgal	Residual-Anomalie in mgal
5601	238295.665280.	579.01	635.760	.800	-83.133	- o.7
5602	238410.665380.	558.91	639.950	.930	-82.959	- o.6
5603	238530.665460.	521.87	647.800	.970	-82.592	- o.4
5604	238610.665610.	437.10	654.970	.880	-82.503	- o.3
5605	238870.665740.	471.26	659.050	.760	-81.917	o.o
5606	239070.666040.	467.27	660.300	.390	-82.016	o.o
5607	239185.666255.	454.36	662.920	.250	-82.197	- o.2
5608	239370.666480.	447.42	664.590	.150	-82.173	- o.1
5609	239490.666740.	441.12	665.300	.110	-82.859	- o.8
5610	239630.666980.	437.44	665.900	.060	-83.181	- 1.o
5611	239730.667180.	436.75	666.140	.040	-83.190	- 1.1
5612	239820.667375.	435.47	666.010	.030	-83.675	- 1.5
5613	239935.667570.	434.63	665.930	.020	-84.038	- 1.8
5614	240070.667760.	434.50	666.150	.030	-83.956	- 1.8
5615	240185.667990.	434.53	666.080	.040	-84.116	- 1.9
5616	240390.668270.	439.90	664.890	.080	-84.384	- 2.1
5617	240490.668485.	449.99	662.790	.080	-84.561	- 2.3
5618	240745.668800.	463.42	660.190	.150	-84.636	- 2.3
5619	240850.669080.	457.34	661.170	.280	-84.818	- 2.5
5620	240920.669230.	430.86	666.200	.230	-85.163	- 2.8
5621	241000.669470.	431.15	666.470	.320	-84.806	- 2.4
5622	241115.669680.	388.35	675.240	.350	-84.539	- 2.1
5623	241250.669950.	380.79	676.320	.150	-85.240	- 2.7
5624	241430.670250.	379.23	676.310	.130	-85.716	- 3.2
5625	241560.670470.	373.94	676.560	.160	-85.590	- 3.o
5626	241675.670840.	382.79	676.170	.320	-85.143	- 2.6
5627	241775.670945.	389.65	675.440	.410	-84.511	- 1.9
5628	241930.671140.	408.61	673.230	.580	-82.943	- o.3
5629	242090.671400.	454.68	664.320	.780	-82.675	o.o
5630	242165.671570.	475.83	660.330	.600	-82.674	o.o

Bestimmung der negativen Schwereanomalien in der Profilachse (Residualanomalien)



4.4.6 Ergebnisse der Gravimetriemessungen

Profil Eschenbach Nr. 63

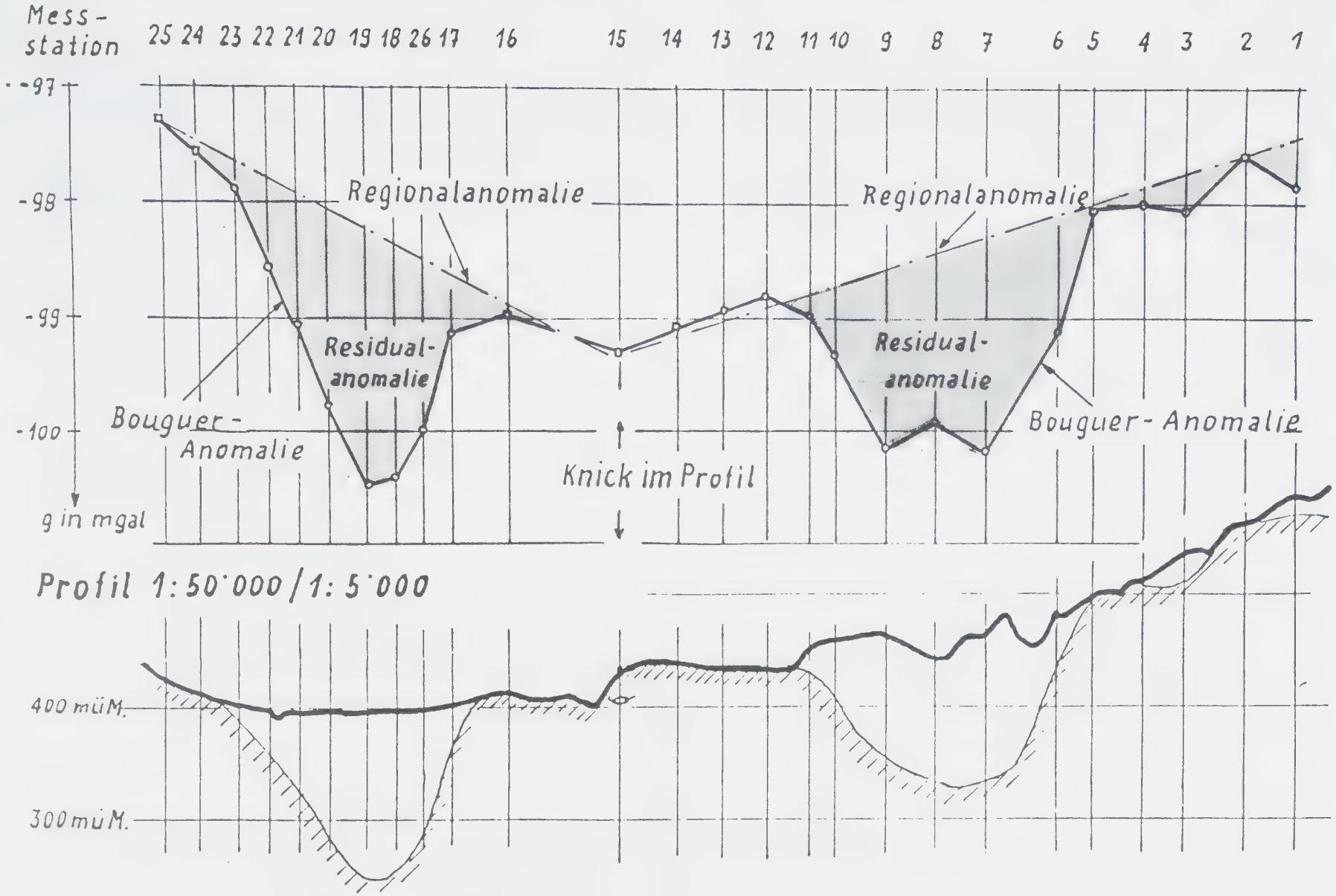
Mess-Station	Koordinaten	müM	g_{b+k} -980000 in mgal	Topographie-korrektur	Bouguer-Anomalie in mgal	Residual-Anomalie in mgal
6301	218870.667135.	425.85	633.100	.107	-103.857	0.0
6302	218590.666960.	439.10	630.050	.107	-104.165	- 0.1
6303	218240.667270.	418.62	633.120	.096	-104.649	0.0
6304	217955.667480.	418.39	631.930	.032	-105.676	- 0.5
6305	217535.667445.	418.70	630.780	.021	-106.412	- 0.7
6306	217325.667550.	418.81	630.340	.021	-106.627	- 0.6
6307	216940.667605.	420.06	629.130	.021	-107.263	- 0.6
6308	216885.667380.	419.19	628.920	.032	-107.555	- 0.6
6309	216860.668200.	419.43	628.820	.043	-107.557	- 0.3
6310	216675.668390.	420.28	628.080	.107	-107.893	- 0.1
6311	216390.668570.	445.29	622.480	.224	-108.390	0.0

Testprofil Rifferswil (mit Dichte 2,67 g/cm^3 gerechnet) mit "Nummerierung" von West nach Ost

6225	227200.672230	417.0	646.12	- 97.29	0.0
6224	227280.672530	411.9	646.93	- 97.56	0.0
6223	227240.672880	398.2	649.23	- 97.88	- 0.2
6222	227240.673200	395.4	649.12	- 98.56	- 0.7
6221	227250.673420	395.6	648.62	- 99.04	- 1.0
6220	227430.673660	396.6	647.87	- 99.77	- 1.8
6219	227500.673970	396.9	647.15	-100.49	- 2.2
6218	227540.674240	396.7	647.29	-100.42	- 2.0
6226	227680.674510	396.8	647.81	-100.00	- 1.5
6217	227775.674700	398.9	648.35	- 99.13	- 0.4
6216	227920.675170	409.0	646.68	- 98.96	- 0.1
6215	228180.676080	431.9	642.07	- 99.29	0.0
6214	228530.676450	436.3	641.90	- 99.06	+ 0.1
6213	228900.676720	436.8	642.22	- 98.95	+ 0.1
6212	229180.676880	438.3	642.31	- 98.78	+ 0.1
6211	229510.677130	446.6	640.63	- 98.96	- 0.1
6210	229615.677450	450.1	639.83	- 99.33	- 0.6
6209	229980.677717	459.6	637.46	-100.16	- 1.5
6208	230400.677870	436.0	642.50	- 99.91	- 1.4
6207	230720.678190	456.6	638.51	-100.19	- 1.8
6206	231175.678640	479.1	635.55	- 99.11	- 1.0
6205	231530.678750	496.3	633.78	- 98.04	0.0
6204	231710.679110	504.3	632.38	- 98.01	- 0.1
6203	232125.679320	527.7	628.20	- 98.09	- 0.3
6202	232610.679570	559.4	623.01	- 97.59	0.0
6201	232950.679900	589.4	617.08	- 97.98	- 0.4

Profil Rifferswil Nr. 62

Bestimmung der negativen Schwereanomalie



Profil Mühlau Nr. 54

Mess-Station	Koordinaten	müM	g_{b+k} -98oooo in mgal	Topographie-korrektur	Bouguer-Anomalie in mgal	Residual-Anomalie in mgal
5401	231045.671730.	443.82	647.290	.288	-96.310	o.o
5402	231370.671820.	408.08	654.710	.577	-95.668	+ o.3
5403	231425.672110.	392.17	657.090	.214	-96.710	- o.3
5404	231470.672420.	389.25	656.310	.096	-98.228	- 1.9
5405	231540.672755.	389.06	655.310	.043	-99.382	- 2.9
5406	231835.673075.	389.00	655.510	.021	-99.480	- 3.1
5407	232060.673310.	388.32	656.260	.021	-99.053	- 2.7
5408	232285.673490.	388.15	657.280	.032	-98.247	- 2.o
5409	232560.673700.	387.73	657.600	.043	-98.229	- 2.1
5410	232800.673820.	387.53	658.290	.075	-97.746	- 1.8
5411	232910.674190.	411.59	654.340	.224	-97.068	- 1.o
5412	232945.674435.	428.93	651.470	.139	-96.754	- o.5
5413	233210.674760.	441.86	649.530	.139	-96.435	- o.3
5414	233320.675000.	462.70	645.280	.160	-96.763	- o.5
5415	233390.675220.	458.34	646.330	.107	-96.645	- o.4
5416	233550.675525.	434.55	651.120	.117	-96.498	- o.2
5417	233640.675825.	436.88	650.860	.107	-96.382	+ o.2
5418	233670.676125.	448.20	648.510	.139	-96.546	o.o
5420	234045.676635.	478.90	642.520	.256	-96.847	- o.3
5421	234155.676780.	486.92	641.000	.278	-96.896	- o.3
5422	234220.676965.	504.09	637.600	.288	-97.034	- o.4

Profil Muri Nr. 55

5501	235450.667210.	570.15	630.760	.577	-91.840	- o.5
5502	235890.667630.	498.74	645.710	.630	-90.956	o.o
5503	235990.667845.	486.90	648.360	.363	-90.946	- o.1
5504	236090.668060.	492.15	647.120	.374	-91.269	- o.5
5505	236230.668220.	464.16	652.930	.331	-90.973	- o.3
5506	236470.668455.	458.30	654.120	.139	-91.330	- o.7
5507	236615.668780.	462.69	653.160	.096	-91.657	- 1.1
5508	236760.669015.	463.07	652.750	.128	-92.097	- 1.6
5509	236870.669260.	464.33	652.020	.224	-92.606	- 2.1
5510	237130.669510.	443.45	656.280	.203	-92.598	- 2.3
5511	237310.669740.	415.49	662.080	.182	-92.312	- 2.1
5512	237510.669895.	402.05	664.870	.214	-92.208	- 2.2
5513	237770.670145.	388.31	667.520	.117	-92.489	- 2.6
5514	238075.670425.	382.95	668.530	.096	-92.775	- 3.1
5515	238230.670730.	381.36	668.690	.043	-93.114	- 3.6
5516	238475.670960.	381.39	668.740	.032	-93.273	- 3.8
5517	238660.671150.	381.95	668.870	.043	-93.180	- 3.9
5518	238710.671590.	387.52	668.780	.075	-92.208	- 2.8
5519	238830.671780.	390.96	669.720	.085	-90.694	- 1.3
5520	238890.672230.	397.55	669.430	.235	-89.623	o.o
5521	238985.672500.	404.28	668.250	.491	-89.342	+ o.2
5522	239130.672640.	405.84	667.910	.566	-89.428	+ o.1
5523	239530.672780.	425.44	664.600	.534	-89.365	- o.1
5524	239610.672980.	454.14	659.060	.662	-89.377	- o.2
5525	239670.673330.	472.24	654.980	.417	-90.269	- o.8

Profil Küssnacht Nr. 5o

Mess-Station	Koordinaten	müM	g_{b+k} -980000 in mgal	Topo-graphie-korrek-tur	Bouguer-Anomalie in mgal	Residual-Anomalie in mgal
5002	216280.676490.	512.73	601.260	1.036	-114.937	o.o
5003	216110.676460.	508.55	601.600	1.538	-114.680	- o.1
5004	215820.676500.	438.29	613.730	.876	-115.848	- o.5
5005	215590.676380.	447.20	611.470	.726	-116.352	- o.8
5006	215410.676365.	450.48	610.060	.801	-116.836	- 1.o
5007	215150.676355.	452.32	608.270	1.089	-117.646	- 1.6
5008	214880.676360.	467.33	603.700	1.581	-118.595	- 2.3
5009	214590.676230.	467.83	602.900	1.933	-118.591	- 2.o
5010	214240.676160.	489.41	597.840	1.752	-119.408	- 2.5
5011	213930.676180.	501.78	594.820	2.200	-119.315	- 2.1
5012	213700.676210.	517.47	591.760	2.691	-118.689	- 1.3
5013	213480.675900.	479.51	599.080	2.873	-118.083	- o.6
5014	213055.675880.	523.77	590.420	3.567	-117.392	+ o.2
5081	215890.676790.	448.53	611.310	1.196	-116.038	
5082	216230.677180.	474.52	607.410	.641	-115.996	
5083	216300.677360.	469.82	608.120	.716	-116.141	

Profil Immensee Nr. 51

5101	220565.677740.	443.07	624.340	.886	-109.317	o.o
5102	220410.677620.	443.23	624.220	.662	-109.493	o.o
5103	220275.677565.	442.50	624.080	.555	-109.758	o.o
5104	220010.677630.	430.98	625.370	.555	-110.365	- o.2
5105	219835.677620.	427.32	625.690	.449	-110.656	- o.2
5106	219680.677670.	427.32	625.250	.459	-110.933	- o.3
5107	219415.677660.	430.27	624.050	.481	-111.302	- o.3
5108	219265.677660.	433.28	623.100	.417	-111.572	- o.4
5109	218985.677735.	421.56	624.550	.406	-112.023	- o.5
5110	218880.677745.	419.73	624.900	.406	-111.891	- o.2
5111	218750.677780.	420.83	624.630	.513	-111.706	o.o
5112	218555.677760.	449.82	617.790	.844	-112.593	- o.3
5113	218355.677730.	465.44	614.480	.940	-112.662	- o.2
5114	217535.677540.	519.26	602.340	1.260	-113.473	- o.1
5115	217390.677480.	487.21	608.570	.972	-113.422	o.o
5116	217200.677590.	482.15	609.040	.972	-113.674	o.o
5117	217020.677635.	453.98	613.910	.897	-113.912	o.o
5118	216830.677730.	421.26	619.530	.897	-114.116	o.o
5119	216570.677720.	427.75	616.780	.951	-115.297	- 1.o
5120	216490.677810.	430.15	615.500	1.164	-115.803	- 1.4
5121	216260.677885.	423.25	615.670	1.613	-116.114	- 1.5
5122	216115.678035.	423.93	614.220	2.136	-116.631	- 1.7
5123	215930.678130.	424.87	613.200	2.862	-116.442	- 1.3
5124	215595.678365.	433.56	610.110	3.834	-116.353	- o.9
5125	215330.678735.	445.21	606.880	3.984	-116.717	- o.8
5126	214970.678900.	461.25	601.920	6.461	-115.743	+ o.3

Profil Immensee Nr. 51

Bestimmung der negativen Schwereanomalie

Messtation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

-109
-110
-111
-112
-113
-114
-115
-116

□ Felsstationen

Residualanomalie

Bouguer-Anomalie

Regionalanomalie

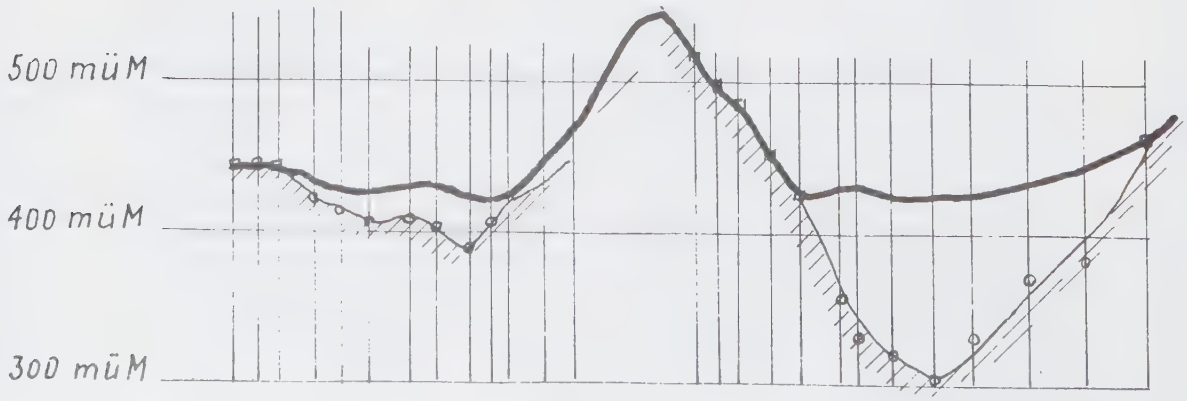
Residual-anomalie

g in mgal

Anomalie mgal: 0 0 0 -0.2 -0.3 -0.3 -0.5 0 -0.3 -0.1 0 0 0 -1.0 -1.5 -1.3 -0.9 -0.8 +0.3

-0.3 -0.3 -0.4 -0.2 -0.2 0 -1.4 -1.7

Profil 1:50'000/1:5000



Profil Sursee Nr. 6o

Mess-Station	Koordinaten	müM	g_{b+k} -980000 in mgal	Topo-graphie-korrek-tur	Bouguer-Anomalie in mgal	Residual-Anomalie in mgal
6001	223610.649840.	569.56	616.820	.566	-96.531	- 1.o
6002	223695.649930.	558.32	619.500	.342	-96.313	- o,9
6003	223890.650160.	539.10	623.240	.363	-96.381	- o.9
6004	224125.650300.	507.36	630.300	.160	-95.762	- o.5
6005	224280.650480.	505.81	630.690	.075	-95.866	- o.6
6006	224410.650690.	506.87	630.640	.043	-95.845	- o.7
6007	224545.650900.	498.82	632.050	.043	-96.052	- o.9
6008	224745.651080.	505.18	630.380	.053	-96.669	- 1.6
6009	224925.651270.	506.10	629.980	.043	-97.032	- 2.o
6010	225050.651420.	504.81	630.160	.075	-97.162	- 2.1
6011	225250.651670.	505.56	630.210	.128	-97.071	- 2.1
6012	225355.652010.	511.49	629.490	.203	-96.654	- 1.6
6013	225455.652270.	516.83	629.070	.299	-96.030	- o.9
6014	225590.652530.	526.34	628.060	.491	-95.154	- o.1
6015	225715.652735.	543.40	624.690	.737	-95.115	o.o
6016	225755.653025.	556.75	621.610	1.324	-95.081	o.o
6017	226335.653500.	663.81	601.040	.534	-96.205	- 1.3
6018	226785.654110.	652.91	603.320	.449	-96.531	- 1.8
6019	227200.654620.	693.29	596.050	.171	-96.548	- 1.9
6020	227620.654970.	685.98	597.910	.150	-96.500	- 2.o
6021	227900.655610.	707.52	594.560	.182	-95.825	- 1.3
6022	227860.656040.	727.15	590.400	.246	-96.005	- 1.1
6023	228125.656410.	699.45	596.530	.224	-95.577	- o.8
6024	228360.656930.	645.58	607.660	.224	-95.130	- o.3
6025	228395.657340.	655.91	605.250	.160	-95.616	- o.6
6026	228430.657790.	659.48	604.510	.214	-95.608	- o.4
6027	228530.658035.	667.98	602.760	.352	-95.637	- o.4
6028	228680.658650.	741.17	587.870	.641	-95.847	- o.4
6081	225950.651190.	498.62	632.430	.150	-96.735	- 2.2
6082	226620.650455.	492.71	634.940	.096	-95.969	- 2.3
6083	227220.649930.	489.85	636.940	.096	-95.029	- 2.1
6084	227940.649380.	486.99	639.170	.096	-93.948	- 1.9
6085	228410.649280.	486.55	640.160	.139	-93.370	- 1.6

Profil Büron Nr. 61

6101	228525.646980.	586.97	622.550	.374	-91.757	- 1.5
6102	228570.647200.	595.26	620.780	.438	-91.883	- 1.4
6103	228590.647362.	585.30	622.900	.427	-91.719	- 1.2
6104	228610.647485.	577.22	624.480	.523	-91.620	- 1.1
6105	228640.647645.	552.19	629.590	.684	-91.184	- o.6
6106	228685.647920.	498.62	640.650	.481	-90.579	o.o
6107	228720.648105.	490.99	641.890	.278	-91.005	- o.3
6108	228770.648345.	488.20	642.060	.171	-91.484	- o.7
6109	228810.648535.	486.62	642.060	.139	-91.830	- 1.o
6110	228860.648700.	486.39	641.750	.139	-92.215	- 1.3
6111	228910.648975.	486.40	641.510	.160	-92.439	- 1.5
6112	228970.649130.	488.04	641.050	.203	-92.595	- 1.6
6113	229035.649330.	492.40	640.190	.278	-92.590	- 1.5
6114	229075.649550.	497.93	641.030	.417	-90.586	-
6115	229208.649750.	510.30	637.490	1.015	-91.283	- o.1

4.5 Talprofile und Blockdiagramme

Talprofile

Entlang der Täler, d.h. quer zum Mittelland erstellte ich total 1o Längsprofile und ungefähr senkrecht zu den Haupttälern total 2o Querprofile.

Für eine umfassendere Detailinformation erhielten alle Profile eine zehnfache Ueberhöhung. Alle Profile wurden in den gleichen Massstäben 1: 25.ooo/1: 2.5oo gezeichnet und anschliessend 4-fach auf die Massstäbe 1: 1oo.ooo/ 1: 1o.ooo verkleinert. Damit haben alle Profile gleiche und leicht lesbare Massstäbe.

Für eine gute Höhenorientierung markierte ich überall die 5oo müM Höhenlinie.

Profile, die ungefähr von West nach Ost verlaufen, sind horizontal gezeichnet, die Tal-Längsprofile, die ungefähr Süd-Nord verlaufen dagegen vertikal mit Norden oben am Kartenblatt.

Die Längsprofile sind ungefähr in die Talachse gelegt. Um diese Darstellungen aussagekräftig zu gestalten, sind die rechten, östlichen Hügelkulissen möglichst massstabgetreu eingetragen.

Bei den Profilen des Suhren-, Wynen-, See-, Bünz- und Reusstales sind die Kulissen beider Talseiten markiert. Dabei wurde eine spiegelbildliche Darstellung der Profile und Kulissen gewählt, mit Meereshöhe als Spiegelachse.

Bei den Querprofilen sind keine Kulissen gezeichnet. Einzige Ausnahme bildet Profil E-E am Jurafuss, wo die nördlich gelegene Jurakette als Kulisse eingetragen ist.

Spezielle wesentliche Informationen sind gemäss der auf der nächsten Seite gezeichneten Legende in den Profilen, resp. in den Kulissen markiert. Vor allem sind die wichtigen Eisstände, Moränenwälle und der anstehende Fels angegeben. Die in die Profile massstäblich übertragenen Bohrungen sind in den Längsprofilen fortlaufend nummeriert. Die erste Ziffer bezeichnet die Profil-, die zweite die Bohrnummer.

Legende zu den Längs- und Querprofilen

Alle Profile in den gleichen Massstäben

1:100'000 / 1:10'000 — 10-fach überhöht

500——500 500 müM. Höhenmarkierungslinie

Profilverlauf, Terrainhöhe

Profilverlauf mit anstehendem Fels

Fels //// Fels angedeutet

Schnittpunkt zweier Profile

Profil entlang Fluss

markante Richtungsänderung des Profils

Hügelkulisse See

„Aeugst" Dorf, in Profilachse ; „Jonen" Dorf ausserhalb Profil

Eisstände im 1. Würmmaximum

Moränenzüge (resp. Eisstände) im Würmmaximum

Moränenzüge (resp. Eisstände) im Schlierenstadium

Moränenzüge (resp. Eisstände) im Zürichstadium

Moränenzüge (resp. Eisstände) im Hurdenstadium

Bohrung in Lockergestein
Bohrung durch Moräne
Bohrung projiziert
} Bohrmeter stimmen mit Höhenmassstab überein

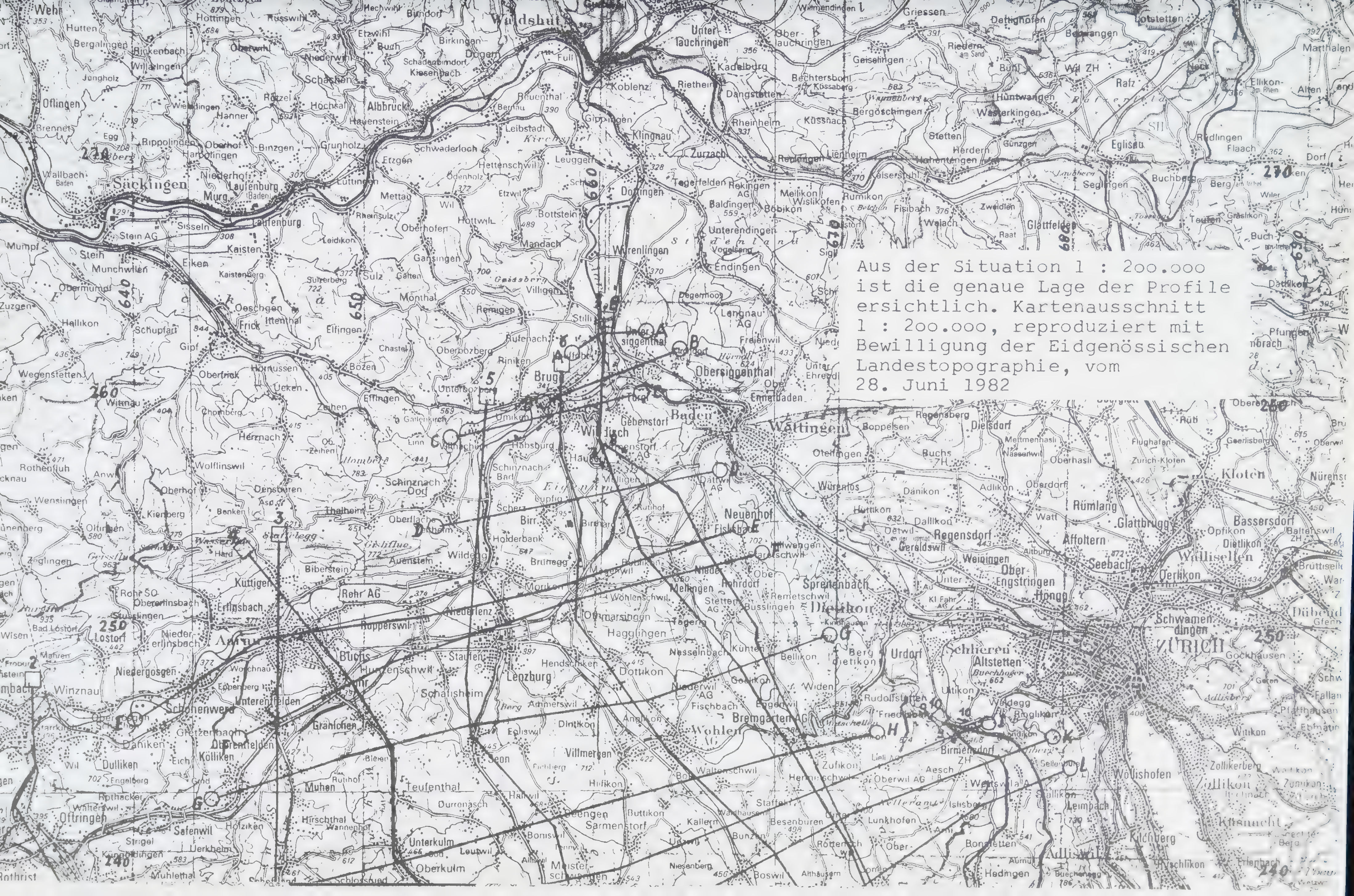
Felsbohrung Bohrmeter fiktiv

Pollenanalysen (Material aus Bohrkern)

Verrucanobohrkern

6301 Gravimetriepunkt (erste zwei Ziffern → Profilnummer
letzte zwei Ziffern → Punktnummer)

ungefährer Felsverlauf, aus Gravimetrie bestimmt



Aus der Situation 1 : 200.000 ist die genaue Lage der Profile ersichtlich. Kartenausschnitt 1 : 200.000, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 28. Juni 1982

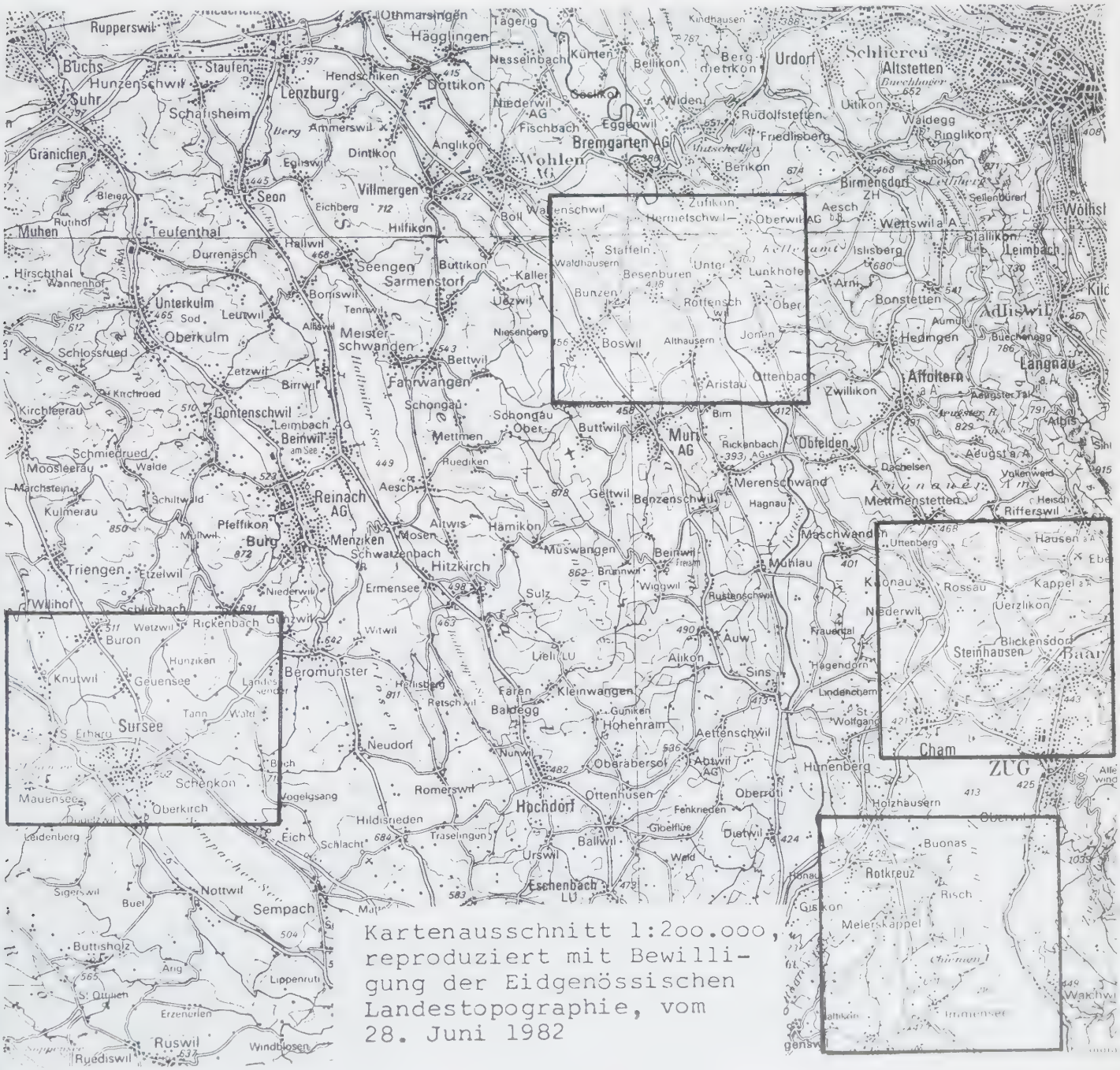
Zofingen
Brittnau
Reiden
Langnau
Dagmersellen
Nebikon
Schötz
Willisau-Stadt
Menznau
Wolhusen
Malters
Kriens
Horw
LUZERN
Emmenbrücke
Rothenburg
Ebikon
Küssnacht am Rigi
Meggen
Weggis
Vitznau
Gersau
Brunnen
Arth
Goldau
Steinerberg
Cham
ZUG
Baar
Menzingen
Unterägeri
Hünenberg
Rotkreuz
Root
Eschenbach LU
Hochdorf
Sempach
Sursee
Beromünster
Triengen
Reinach AG
Menziken
Hitzkirch
Muri AG
Horgen
Entlebuch
Hasle
Schüpfheim
Hergiswil
Stansstad
Stans
Buochs
Ennetbürgen
Beckenried
Emmetten
Seelisberg
Alpnachstad
220
230
210
240
640
650
660
670
680
690

Blockdiagramme

Besonders interessante Gebiete erfasste ich in Blockdiagrammen, alle 2,5fach überhöht. Blickrichtung ist bei allen Diagrammen aus Südosten. Als Verzerrungswinkel wählte ich 45°, als Verzerrungsfaktor ½ (Längen der N-S Richtung gegenüber E-W Richtung).

Moränenhügel erhielten die gleichen Symbole wie in den Profilen. Ebenen sind grau grundiert, Gewässer blau gehalten, Terrainhöhenlinien mit 5o m Aequidistanz braun. Als wichtigste Information ist in rot der approximative Felsverlauf ins Blockdiagramm hineinprojiziert. Anstehender Fels ist rot gestrichelt, Felsisohypsen haben ebenfalls 5o m Aequidistanz. Die Talachse im Fels ist markant strichpunktiert angegeben.

Aus der Situation 1 : 2oo.ooo ist die Lage der Blockdiagramme ersichtlich.



Kartenausschnitt 1:2oo.ooo, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 28. Juni 1982

Zum Verständnis der nachfolgenden Kapitel benötigt man folgendes Kartenmaterial 1 : 25.ooo: 1o69 Frick, 1o7o Baden, 1o89 Aarau, 1o9o Wohlen, 11o8 Murgenthal, 11o9 Schöftland, 111o Hitzkirch, 1111 Albis, 1128 Langenthal, 1129 Sursee, 113o Hochdorf, 1131 Zug, 1149 Wolhusen, 115o Luzern und 1151 Rigi.

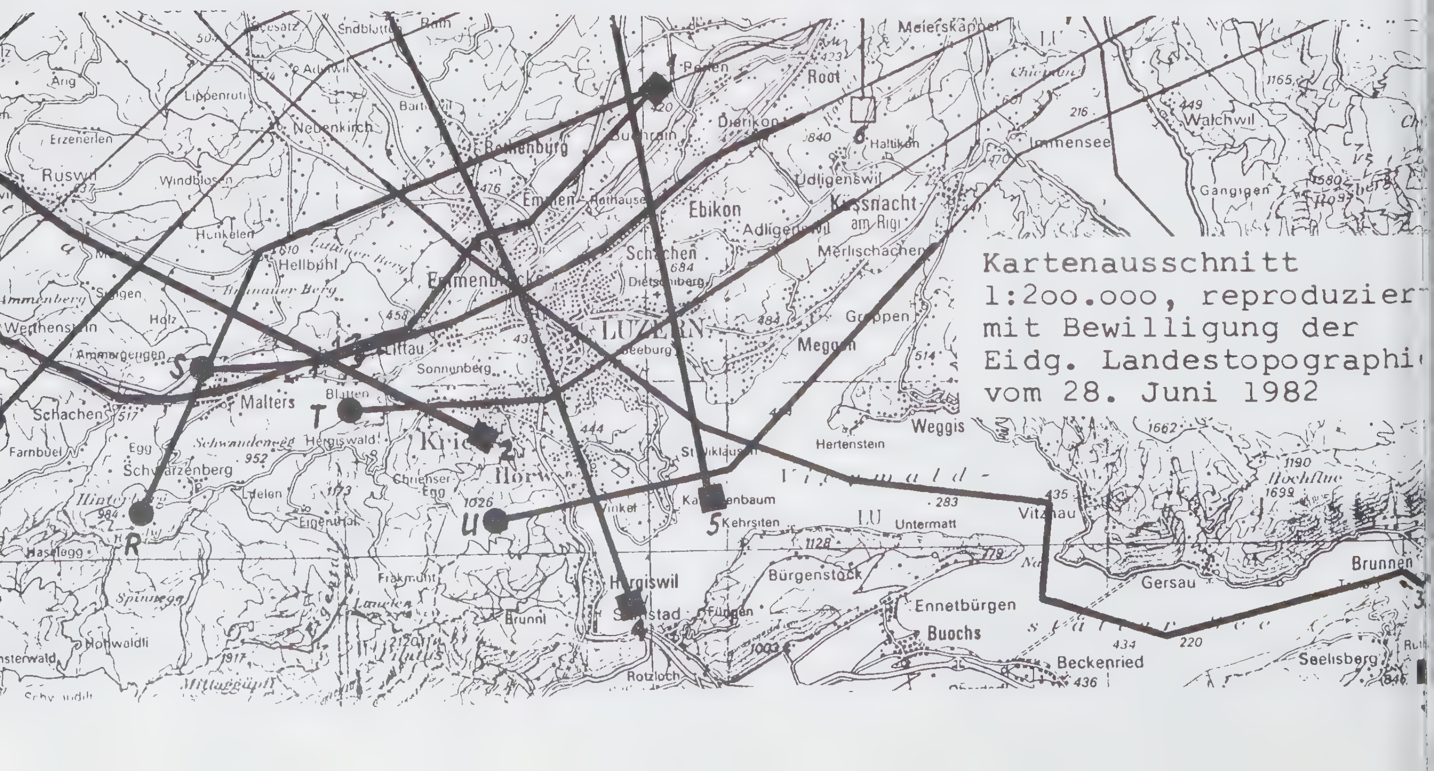
Bei der Auswertung der Bohrresultate richtete ich mein Hauptaugenmerk nicht auf die Quartärgeologie und die Hydrogeologie, sondern auf die Geomorphologie. Dabei interessierte mich vor allem der Felsverlauf in den einzelnen Talabschnitten.

Daneben untersuchte ich auch die Ablagerungen in den Tälern und versuchte sie zeitlich einzuordnen. An den Talflanken rekonstruierte ich an Hand vorhandener Moränenablagerungen die verschiedenen würmzeitlichen Eisstände. Vor ca. 75.ooo yBP, im Mittelwürm (Dauer 75.ooo - 25.ooo yBP) stiess das Eis kurze Zeit maximal vor, (1. Würmmaximum), ohne dass sich dabei markante Moränenwälle bildeten. Im nachfolgenden Hochwürm (ca. 25.ooo - ca. 16.ooo yBP) entstanden vor ca. 25.ooo yBP die markanten Moränen des Würmmaximums, vor ca. 2o.ooo yBP die weniger ausgeprägten Moränen des Schlierenstadiums und vor ca. 18.ooo yBP bildeten sich die markant ausgeprägten Moränen des Zürichstadiums. Im Spätglazial (ca. 16.ooo - 1o.ooo yBP) zog sich das Eis etappenweise gegen die Alpen zurück. Im Untersuchungsgebiet finden sich noch wenig markante Moränenablagerungen des 1. spätglazialen Rückzugstadiums, (Hurdenstadium, ca. 14.ooo yBP).

Die prähochwürmzeitlichen Ablagerungen an den Talflanken werden in dieser Arbeit nicht beschrieben.

Die Lage des anstehenden Felsens, der Felshindernisse, -schwellen und -riegel, sowie vor allem von Moränenzügen, resp. Eisständen in den verschiedenen Stadien sind graphisch aus den Längs- und Querprofilen ersichtlich. Die optische Darstellung vermindert die Fülle von Ortsnamen für Lagebezeichnungen.

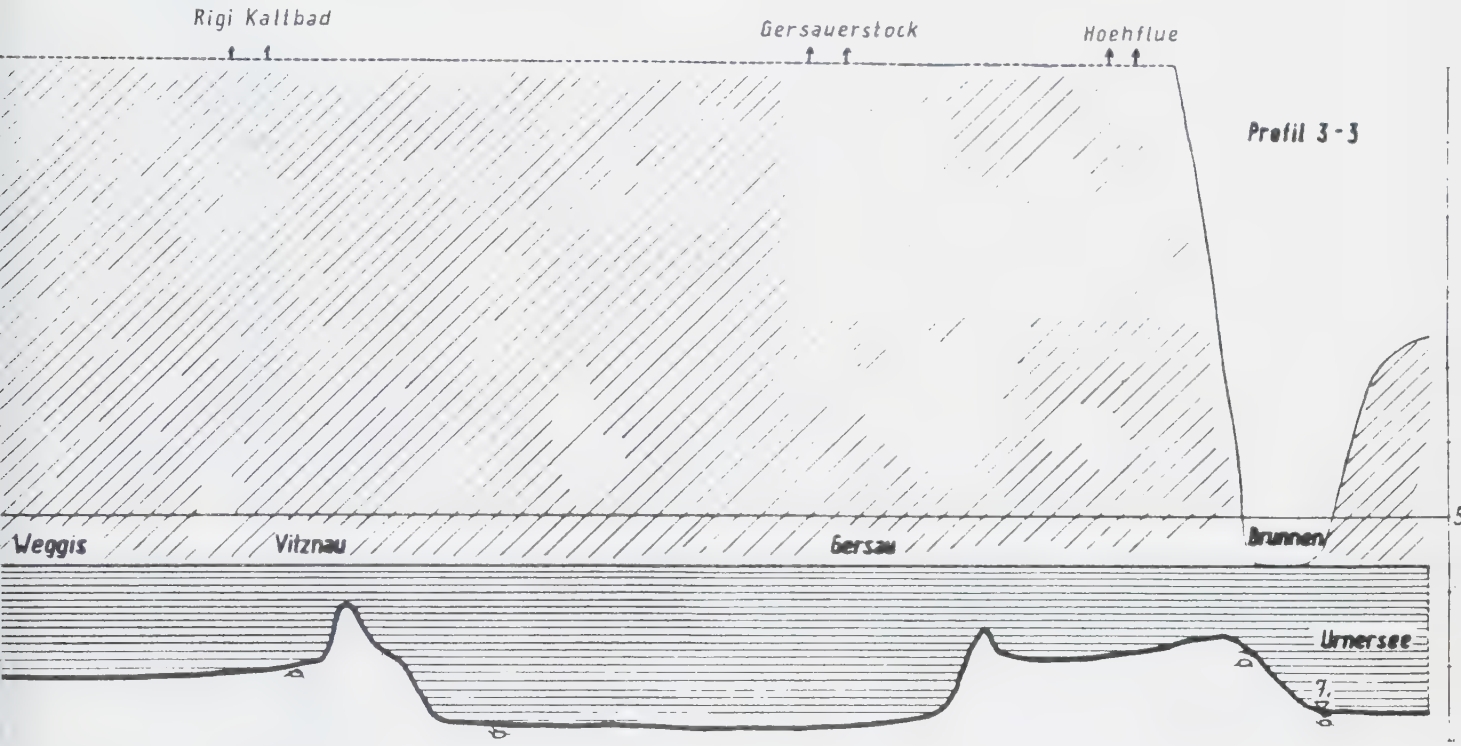
5. Region Luzern - Schlüsselpunkt für die Mittelland-Quertäler vom Wigger- bis zum Seetal



Kartenausschnitt 1:2oo.ooo, reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 28. Juni 1982

Der würmeiszeitliche Reussgletscher trennte sich bei Brunnen - durch die Hochflue, den Gersauerstock und die Rigi - in zwei Arme. Der rechte Arm floss über Seewen, Goldau, Richtung Norden (vgl. Kapitel 1o.1) und der linke Arm dem heutigen Vierwaldstättersee entlang gegen Westen.

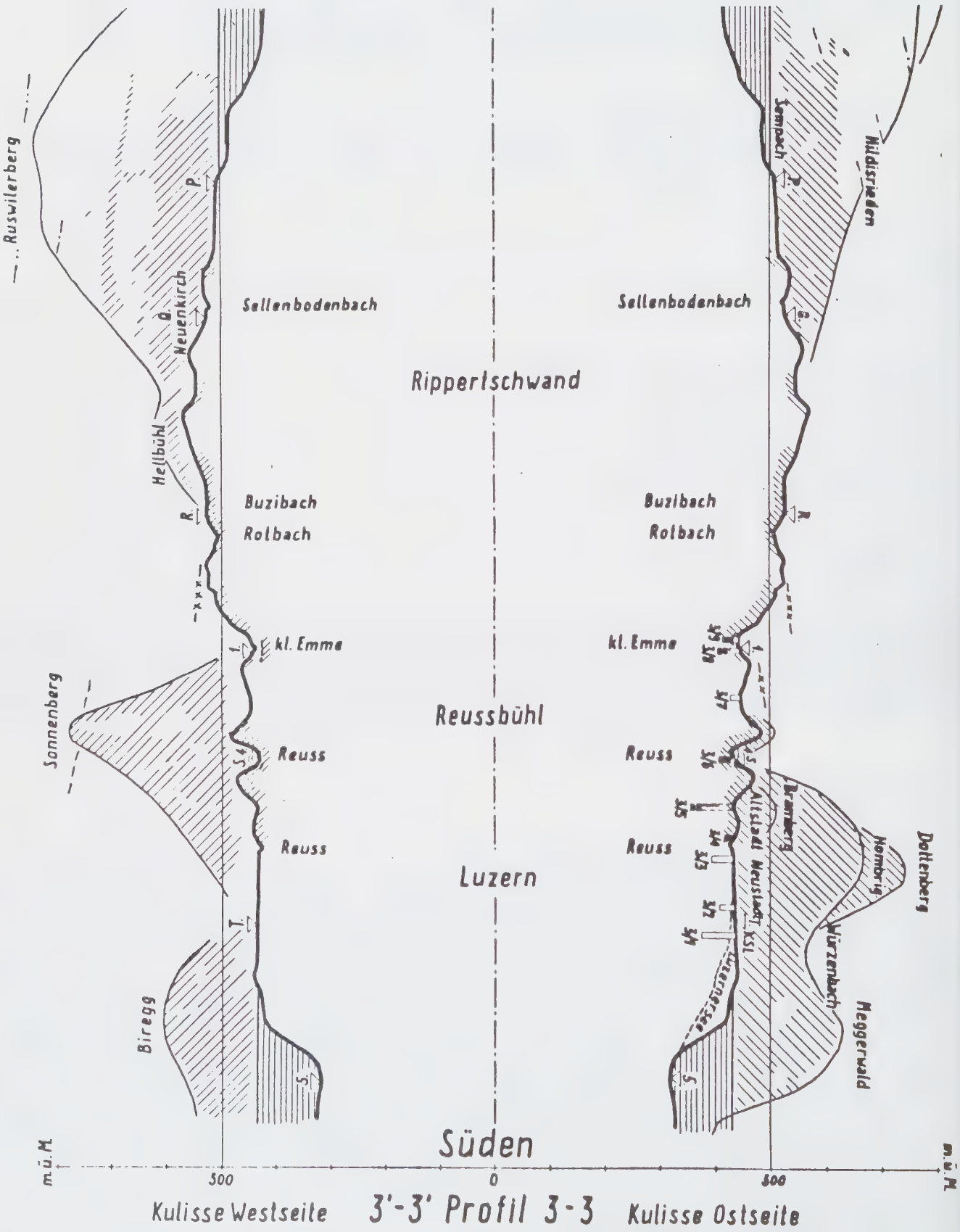
Beim Eisaufbau musste der Reussgletscher nördlich des Urnerseegebietes eine erste "Felsschwelle" (heute unter Wasser) zwischen Axenstein-Gewölbe und der Seelisbergfalte (ca.34o müM) überfliessen.



Wie mächtig das Weggiser- und das Gersauerbecken mit Lockergesteinsmaterial aufgefüllt ist, ist mir noch unbekannt. Nach heutiger Information stellt die Seeuntiefe 1,5 km östlich Gersau, bei Chindli einen Moränenwall des sich zurückziehenden Reussgletschers (Chindli-Stadium) dar.

Der Eisstrom bewegte sich Richtung West gegen Buochs. Der Bürgenberg spaltete den sich aufbauenden Eisstrom. Ein Arm nahm Richtung Weggiserbecken über die heute unter Wasser liegende Felsschwelle (ca. 38o müM) zwischen Unter- und Obernas. Der andere Arm vereinigte sich südwestlich des Bürgenberges mit dem Engelberggletscher und dem Brüniglappen des Aaregletschers. Die Fliessrichtung dieser drei Eisarme veränderte sich in Richtung Norden.

Beim Eisaufbau fand im Kreuztrichter eine mächtige Konfluenz der oben aufgeführten Gletscherarme statt. Beim weiteren Vorrücken stellte sich ihnen im Norden ein markanter Felsriegel in Form der gefalteten, resp. steilgestellten Molassezüge entgegen.


Ruswilerberg
Sonnenberg
Biregg
Hellbühl
Neuenkirch
Sellenbodenbach
Buzibach
Rotbach
kl. Emme
Reuss
Reuss
Rippertschwand
Reussbühl
Luzern
Süden
Sempach
Hildisrieden
Sellenbodenbach
Buzibach
Rotbach
kl. Emme
Reuss
Reuss
Altstadt
Neustadt
Bramberg
Hombrig
Würzenbach
Meggerwald
Dottenberg
m ü. M.
500
0
500
m ü. M.
Kulisse Westseite
3'-3' Profil 3-3
Kulisse Ostseite

Es resultierten drei Haupteisströme. Im Osten floss ein rechter Arm über den Küssnachtersee Richtung Immensee, wobei es zu einer Konfluenz mit dem "Zugerseearm" (Seewen-Goldau) kam. (vgl. Kapitel 1o.1). Der mittlere Arm nahm den Weg über den heutigen Luzernersee, östlich der Biregg und der dritte, linke Arm über Horw, westlich der Biregg nach Norden.

In der Gegend Luzern erreicht der von Ost nach West verlaufende Felsriegel der "gefalteten Molasse" eine minimale Höhe von 45o - 5oo müM (vgl. Profil T-T).

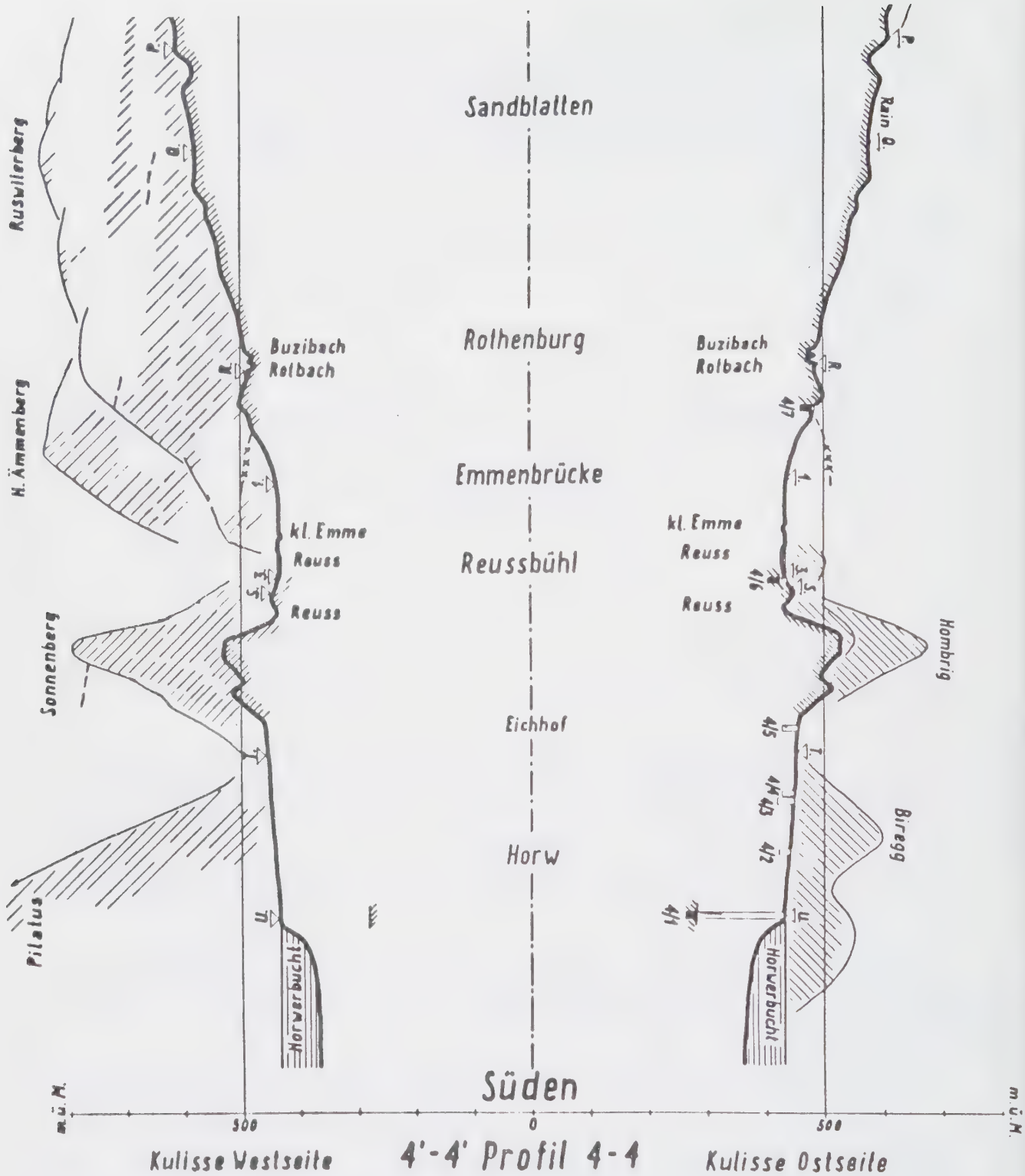
Nach Westen gegen den Sonnenberg steigt der Fels rasch auf Höhen bis ca. 8oo müM an, sinkt beim Renggloch nochmals auf ca. 55o müM ab, um dann am Blatterberg erneut auf Höhen bis ca. 1ooo müM anzusteigen.

Gegen Osten steht Fels am Dietschiberg, Hombrig, Dottenberg und Rooterberg an, wobei er am letzteren eine max. Höhe von 84o müM erreicht.

Auf Grund dieser topographischen Situation floss beim Eisaufbau der mittlere Arm zuerst über den Felsriegel, da er in der Region Luzern die kleinsten Hindernisse antraf.

Der westlichste der drei Arme bewegte sich beim Eisaufbau aus der Region westlich des Chrüztrichters in die Horwerbucht und zwischen dem Pilatus und dem Biregghügel in Richtung Norden.

Gütsch und Sonnenberg spalteten den Arm, so dass ein östlicher Teil via Obergrundquartier sich mit dem Luzernerseearm vereinigte und östlich des Gütsch vorbeifloss. Der westliche Arm stiess ins Kriensertal vor, wobei das Eis nach Obernau vom Blatterberg gestaut wurde. Nachdem sich der Eiskörper zunehmend aufgebaut hatte, erfolgte ein Ueberfliessen dieses Lappens über das Renggloch ins Kleinemmetal.



Nachdem sich die Gletscher bis zum Maximalstand sukzessive aufgebaut hatten, lag die Region unter einer mächtigen Eisdecke. Wie Seitenmoränenwälle am Pilatusnordhang auf Höhe Chrienseregg, die ins Maximalstadium gehören, aufzeigen, reichte das Eis bis über looo müM hinauf, sodass die Hügelzüge der gefalteten Molasse ganz von Eis bedeckt waren.

Moränenwallreste, die auf die verschiedenen würmzeitlichen Eisrandlagen bei den verschiedenen Rückzugsstadien hindeuten, sind

in der Region am Nordhang des Pilatus, an den Hügelzügen bis Wolhusen, am Sonnenberg und im nördlichen Abschnitt des in diesem Kapitel untersuchten Gebietes im Rottal erhalten.

Am Südwestrand des Untersuchungsgebietes lässt sich der Maximalstand an Hand von Wallresten von Schwandegg - Chrienseregg-Neualp - Nordhang Schwarzenberg - Dorf Schwarzenberg verfolgen (J. Kopp, 1955). Wallreste zwischen der Chrienseregg und dem Langwasen markieren Rückzugsstadien. Auf der anderen Talseite, am Sonnenberg, lässt sich der Eisstand im Zürichstadium an der Wolfsschlucht (hangparallele Entwässerungsrinne) feststellen.

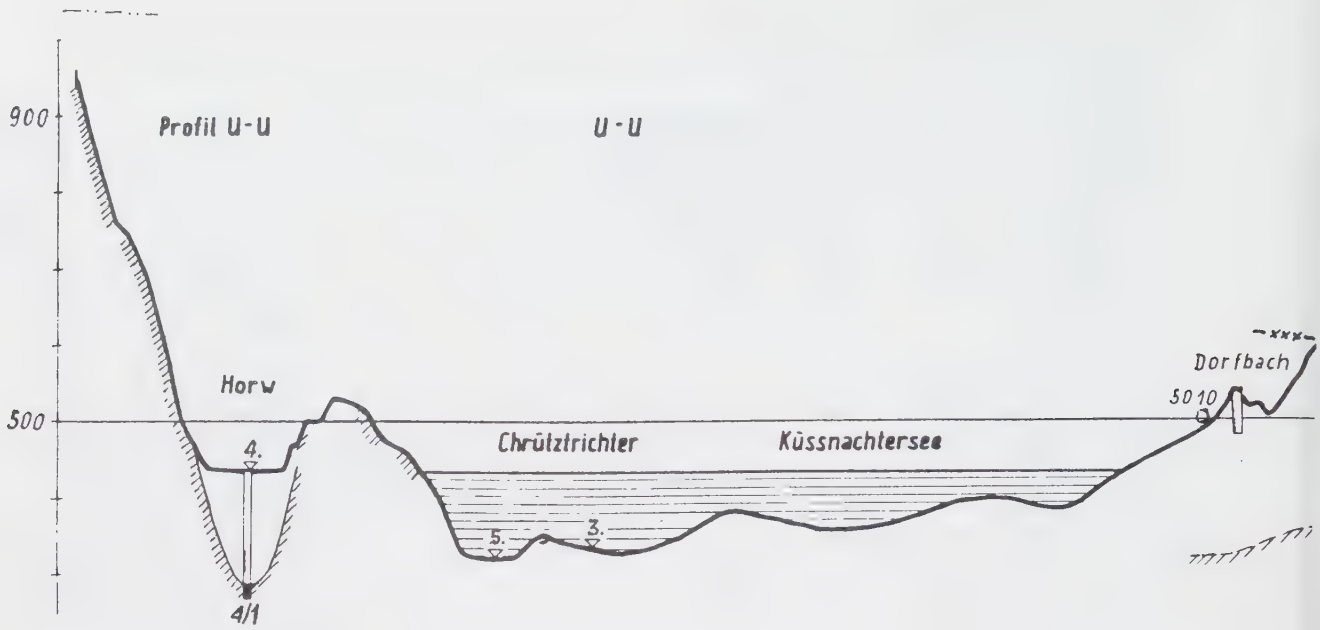
Die Würm-Moränenwälle am Pilatusnordhang deuten darauf hin, dass die Eisrandlage im Würm-Maximum entlang dieses Hanges in Richtung Wolhusen verläuft (R. Hantke 1968, 198o). Im Kleinemmetal selbst ist eine markante Formänderung bei Schachen feststellbar, indem westlich dieser Ortschaft sich das Tal plötzlich verengt und im Abschnitt Schachen-Werthenstein nicht mehr die glazial geprägte Trogform aufweist. (vgl. Profil Q-Q). Zudem fliesst hier die Emme auf Fels. Oestlich von Schachen öffnet sich das Tal und die kleine Emme fliesst durch Alluvionen.

Die Oberflächenformen des höher gelegenen Rottales dagegen sind eindeutig glazial geprägt. Moränenwälle quer zum Tal markieren Rückzugsstadien der Gletscher. (vgl. Profil P-P und 2-2). Dabei sind der Wall Rüediswil - Cherhof - Gr. Schübelberg dem Schlierenstadium, und die beiden markanten Wälle bei Moos und beim Hapfig dem Zürichstadium zuzuschreiben. (Die Situation im Würm-Maximum mit den zugehörigen Moränenwällen des unteren Rottales wird in Kapitel 6 erfasst).

Augenfällig ist, dass die südlichen Seitenmoränenwälle der oben beschriebenen Stadien vom Sigigerwald und beim Holzhubel an der Kulmination des Aemmenberges abrupt abbrechen. Die synchronen Moränenwälle an der Südseite des Aemmenberges fehlen. Ob diese Wälle infolge Steilheit dieses Berghanges abgerutscht sind und verschwemmt wurden, (subglaziale Entwässerung) ist fraglich.

Der heutige Informationsstand lässt eine klare Interpretierung der Situation im Kleinemmetal noch nicht zu. Sicher ist, dass die "kleine Emme" zur Zeit des Maximal- und des Schlierenstadiums ihren Weg Richtung Wolhusen, Menznau nach Norden nahm, wobei sie noch Schmelzwässer des Waldemmengletschers (der von Süden her kommend im Maximalstadium bei Wolhusen stirnte), und vom Rottal her diejenigen des Bilbaches und Stäubligbaches (deren unterste Bachteile klar gegen Wolhusen zu weisen) aufnahm.

Die tiefere Region ausserhalb des Reussdurchbruches durch die gefaltete Molasse einerseits und das Kriensertal andererseits wurden im Hurdenstadium geprägt. Damals stirnte ein Gletscherarm bei Obernau, wobei sich ein natürlicher Stausee bildete, der sich über die Renggschlucht entwässerte (Kopp, 1962). Der andere Gletscherarm reichte noch bis ins Kleinemme- resp. Reusstal hinein. Die Eisrandlage wird durch Moränenwälle im Ryffigwald SW Rothenburg (Höhe ca. 52o müM) dokumentiert. Da die Moränenwälle im Kleinemmetal verschwemmt sind, lässt sich der Hurdenstand in der Region nur an Hand der Littauer Deltaschotter abschätzen. Nachdem sich das Eis weiter zurückzog, entleerte sich der natürliche Gletscherstausee von Littau. Der von Kopp (1962) postulierte alte Kleinemmelauf über Reussbühl-Rothen sollte durch Bohrungen verifiziert werden.



Informativ ist die Bohrung 4/1 666.25o/2o6.96o, 435 müM, die in der Talmitte bei Horw den Fels erst auf 149,8m, also auf Kote 285 müM erreichte. Die obersten 6m bilden meist geschichtete siltig sandige Verlandungssedimente. Zwischen 6m und 21,5m deuten geschichtete, fast saubere Sande mit Fein- und Mittelkiesschichten mit vielen organischen Beimengungen auf Deltaablagerungen hin. Zwischen 21,5m und 32,2m wird das Korn feiner und es sind geschichtete tonige Silte vorherrschend. Die Zone zwischen 32,2m und 4o,om zeigt einen ähnlichen Aufbau wie zwischen 6m und 21,5m (Delta-Ablagerungen). Die Zone 4o,om - 46,5m besteht aus einem Kieskörper. Darunter findet man mächtige feinkörnige Seeablagerungen (46,5m - 6o,om feinsandige Silte, 6o,om - 1o7,om siltige Feinsande). Zwischen 1o7,om und 143,5m wurde eine mittelhart bis hart gelagerte Moräne durchbohrt, unterlagert von einer 6m mächtigen sauberen Kiesschicht. Diese Schotter überlagern direkt den unteren Süsswassermolassefels.

Küttel (schriftliche Mitteilung) folgert auf Grund von Pollenuntersuchungen aus Bohrkernen, dass die Ablagerungen bis auf 1o7,om Tiefe holozänes Alter besitzen. Untere Proben deuten auf Ablagerungen im Boreal/Präboreal, also ca. 9ooo yBP hin. Absolute Datenbestimmungen aus Hölzern, die im ^{14}C-Labor des geographischen Institutes der Universität Zürich durchgeführt wurden, bestätigen Küttels Aussagen. Organische Beimengungen aus dem Bohrkern aus 17m Tiefe sind 2.485 $\pm$ 75 yBP, solche aus 36,5m Tiefe 3.54o $\pm$ 8o yBP alt.

Bohruntersuchungen beim zentralschweizerischen Technikum erreichten bei max. 32m Tiefe den Fels nicht. Die beiden Informationen aus der Westseite des Areals (665.89o/2o7.362, 446 müM und 665.9o5/2o7.255, 445 müM) zeigen beide oben ca. 5m Seebodenlehme, unterlagert von ca. 1om starkem Moränematerial. Darunter folgen ca. 6m Kiese und Sande und bis auf 3om Tiefe sandige Seeablagerungen.

Die beiden gegen die Talmitte zu liegenden Bohrungen 665.965/2o7.373, 442 müM und 665.963/2o7.25o, 442 müM zeigen ein anderes Bild: om - ca. 14,om Seebodenlehme, 14,om - ca. 24,om Kiese und Sande, darunter bis auf 32m Tiefe siltige See-Ablagerungen.

4/2 666.19o/2o8.13o, 441 müM weist über die ganz Länge von o - 17,om locker gelagerte feinkörnige Bohrkerne auf. Rammsondierungen bis auf 3om Tiefe zeigen, dass zwischen 17 m und 3o m mit gleichen Ablagerungen zu rechnen ist. Moräneablagerungen fehlen also.

Im Filterbrunnen Mattenhof 4/3 665.52o/2o8.78o, 452 müM existieren zwischen o m und 21,o m zuoberst einige Torflagen, sonst vorwiegend geschichteter Sand mit Silt, dazwischen (5,5m - 8,om) locker gelagerter, siltiger Feinkies. Unter 21,om liegt eine ca. lo m mächtige Kiesschicht mit kantengerundeten Steinen und Blöcken (mit tieferem Grundwasserstockwerk), unterlagert von einer Moräne, die bis zum Bohrende von 33 m reicht.

Im Bereich Eichhof sind neben der Bohrung 4/5 665.29o/2lo.12o 455,5 müM noch zahlreiche andere Angaben vorhanden. Einzeln gesehen lassen die Bohrungen in der Ebene wohl einen heterogenen Aufbau erkennen. Zuoberst sind vor allem gegen den Sonnenberghang zu, kiesige Bachschuttablagerungen vom Krienbach, darunter mächtige (bei Bohrung E 15 665.177/2lo.o4o, zwischen 5,om und 46,5m), meist sandige und sandig siltige Schwemm-und Verlandungssedimente vorhanden, die vereinzelt von 1 m bis max. 3-4m mächtigen Kiespartien durchzogen sind. Dann folgt Moräne, die gegen Süden zu abtaucht. Der Fels ist bei all diesen Untersuchungen nur in Sonnenberghangnähe angebohrt.

Die Region Luzerner Allmend, übers Kriensertal bis Obernau ist im Profil T-T abgebildet. Es handelt sich beim Kriensertal um ein übertieftes Trogtal, doch ist bis heute der Felsverlauf im mittleren Teil des Tales noch unbekannt. Im Gebiet Kriens finden sich Einlagerungen von fluvioglazialen Schottern bis auf Tiefen von über 4o m. Ein randglazial entstandener Schotterstrang zieht von Obernau längs des heutigen Krienbachverlaufs. Beim Grossfeld-Amlehn teilt er sich in zwei Stränge auf, wobei der eine Richtung Chupferhammer-Eichhof gegen das Stadtgebiet und der andere gegen Südosten ins Gebiet Grosshof-Rösslimatt-Nidfeld-Mattenhof verläuft.

Zwischen Kriens und Obernau ist eine Bohrung, vgl. Profil T-T, bis auf den Fels abgeteuft (662.88o/2o9.53o, 5lo müM) Nach 7,5 m kiesigen Flusschottern wurde bis auf 6o,4 m mächtige kompakt gelagerte Moräne durchbohrt, unterlagert von Fels.

Auch die Sondierung im Dörfli Obernau 2/1 661.95o/2o9.35o, 548 müM zeigt in der ganzen Bohrtiefe von 25 m kompakt gelagerte Moräne.

Das Luzerner Becken des Vierwaldstättersees ist noch nicht speziell erforscht. Eine 62,5m Bohrung 3/1 667.14o/2lo.63o (436 müM) am Westufer (Neubau der Kantonsschule Luzern) zeigt über die gesamte Bohrlänge vorherrschend Silt mit hoher Plastizität, sodass die Bohrkerne noch aus 5om Tiefe lagenweise "fast flüssig" herauskamen. Nur in vier Partien sind Sandlinsen von 1,5 - 2m Stärke angetroffen worden. In der Tiefe von 7,5 - 9 m ist locker gelagerter sandiger Mittel- bis Feinkies, in dem artesisch gespanntes Grundwasser zirkuliert.

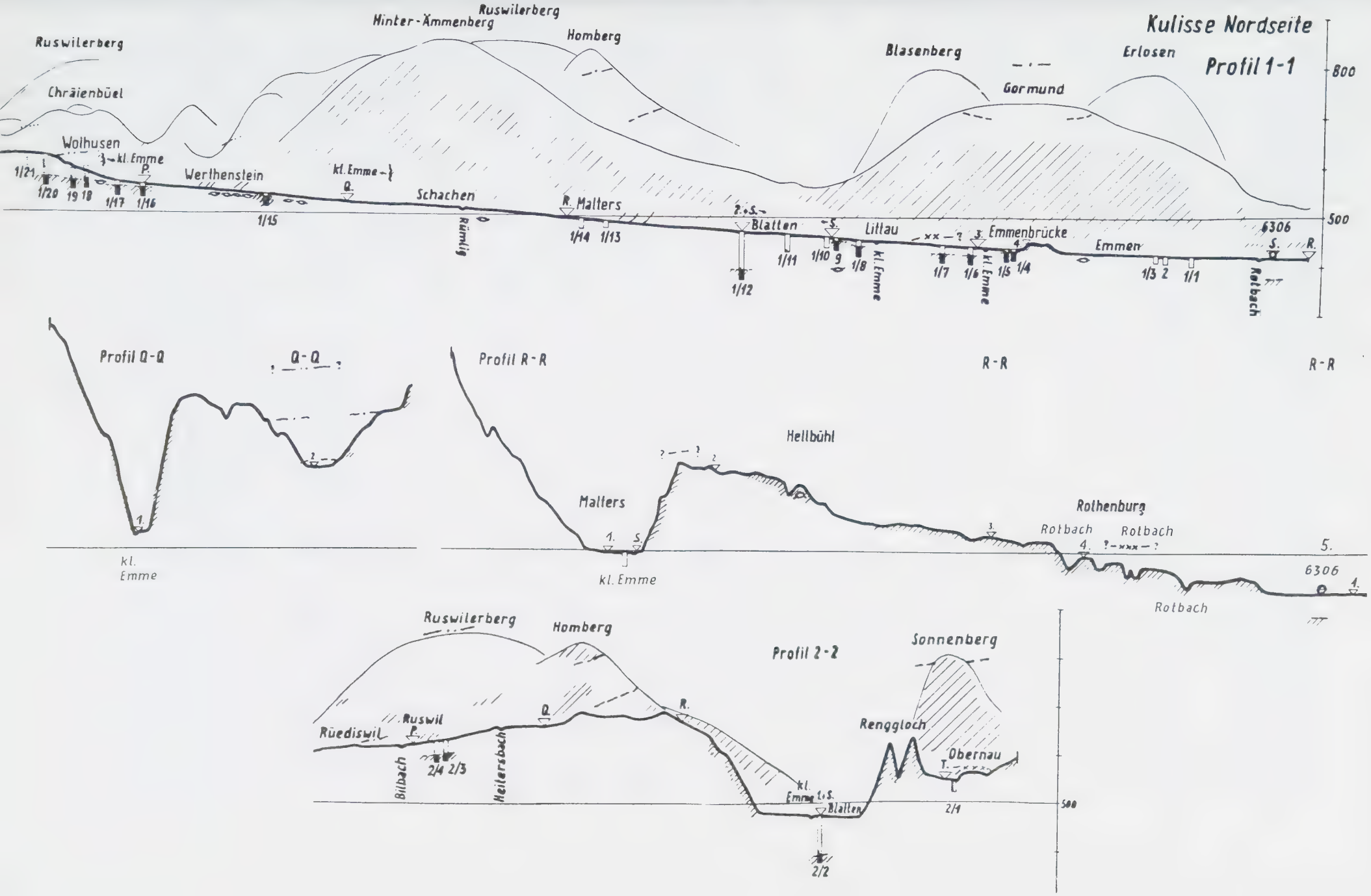
In der Neustadt von Luzern, am linken See- resp. Reussufer sind diverse Bohrergebnisse bis auf grössere Tiefen vorhanden. (Luzern Neubau Bahnhof, Kantonalbank (64 m Bohrung) und Flora 3/3 666.o33/211.333 auf 435 müM). Diese Bohrungen beweisen, dass der Fels, der direkt nördlich der Reuss ansteht, sehr steil gegen Süden in unbekannte Tiefe absinkt. Im Lockergestein ist aus allen Angaben eine klare Gliederung möglich. Zuoberst findet man junge, sandige Verlandungssedimente, z.T. mit Torf, Bachschuttablagerungen und vereinzelt Holzresten. Diese Schichten reichen bis 1o-12 m Tiefe. Darunter folgt eine mehrere Meter mächtige, hellgraue bis gelblich und grünlich durchsetzte Schicht mit siltigen Tonen. Diese nach oben abdichtende weiche Seelehmschicht wird unterlagert von mächtigen monotonen Folgen von feingeschichteten tonigen Silten und siltigen Feinsanden, die bei der Kantonalbank ca. 665.85o/211.3oo bis zur maximalen Bohrtiefe von 64 m reichen.

Küttel (1983) hat mittels Pollenanalysen aus Material der Bohrung 1oo2 beim Ostportal des Bahnhofs Luzern in der mittleren weichen Seelehmschicht, die in dieser Bohrung von 11.6o bis 14.2o m Tiefe reicht, einen Hiatus nachgewiesen. Oberhalb ca. 13 m weist die Pollenflora auf einen Uebergang Präboreal - Boreal (ca. 9ooo yBP) hin, während tiefer als 14 m Aelteste Dryas (älter als 13.ooo yBP) feststellbar ist.

Aehnliche Daten aus Pollenanalysen wurden bei Bohrungen bis auf Fels auf der andern Seeseite, in der Husermatte Luzern 667.5oo/211.9oo, gefunden. Die Bohrung zeigt bis 21,o m meist feingeschichtete tonige sandige Silte, von 21,o bis 23,4 m etwas härter gelagerte Feinsande, von 23,4 bis 26,4 m nochmals geschichtete tonige Silte, ab 26,4 m bis zum Fels auf 26,6 m eine Grundmoräne mit eckigen Kieskörnern. Bis 1o,5 m wurden Pollen aus postglazialer Warmzeit festgestellt, während Proben unterhalb 1o,8 m Pollen aus der Aeltesten Dryas führten. Also auch hier eine Sedimentlücke, die einige Tausend Jahre umfasst.(Küttel, schriftl. Mitteilung).

Interessant sind die Bohrergebnisse, die beim Bau der N2 Sentibrücke über die Reuss gefunden wurden. Am linken Reussufer sind bei Bohrung 3/5 665.22o/211.74o, 434,5 müM unter einer 9,5 m mächtigen siltig sandigen Kiesschicht, ca. 8m geschichtete tonige Silte (Seebodenlehme) durchbohrt worden. Unterhalb 17,8 m bis auf 59,5 m liegen Moränen und verschwemmte Moränen. Erst unterhalb 59,5 m, also auf Kote 375 müM stösst man auf die obere Meeresmolasse. Auch die drei im Fluss ausgeführten Bohrungen zeigen einen analogen Schichtaufbau mit locker gelagerten Alluvionen oben, einer mittleren Schicht mit sandig siltigen Seeablagerungen und darunter mächtigen Moränen, resp. verschwemmten Moränen, die bis unter 6o m unter Terrain reichen sollen. Da nordöstlich und südwestlich nahe diesen Bohrungen der Fels ansteht, deutet dies auf eine canyonartige Schlucht hin, wobei der Durchbruch mit Moränematerial verstopft wurde.

Weitere Untersuchungen im Gebiet des Reussdurchbruchs zeigen, (z.B. 3/6 664.6oo/212.39o, 436 müM) dass nach einigen Metern Lockergestein bereits Fels folgt. Direkt über dem Fels ist immer eine 1 -4 m mächtige, kompakte Moräne vorhanden. Die Bohrung B24 664.71o/212.36o, 445 müM, im Gebiet Ibach gegen das Friedental zu zeigt 3,8 m sandiger Silt, (z.T. Auffüllung) 3,8 - 8,6 m Kies mit Steinen, darunter bis 13,2 m Sand und ab 13,2 - 17,7 m festgelagerte Moräne mit einem Erratiker. Unterhalb 17,7 m folgt der Fels.


Kulisse Nordseite
Profil 1-1
800
500
Ruswilerberg
Hinter-Ämmenberg
Ruswilerberg
Homberg
Blasenberg
Erlosen
Gormund
Chräienbüel
Wolhusen
kl. Emme
Werthenstein
kl. Emme
Schachen
Rümlig
Malters
Blatten
Littau
Emmenbrücke
Emmen
Rotbach
6306
1/21
1/20
19
18
1/17
1/16
1/15
1/14
1/13
1/12
1/11
1/10
9
1/8
1/7
1/6
1/5
1/4
1/3
2
1/1
Profil Q-Q
Q-Q
kl. Emme
Profil R-R
R-R
R-R
Hellbühl
Malters
kl. Emme
Rothenburg
Rotbach
Rotbach
Rotbach
6306
Ruswilerberg
Homberg
Profil 2-2
Sonnenberg
Ruswil
Rüediswil
Bilbach
Heilersbach
2/4
2/3
Renggloch
Obernau
kl. Emme
Blatten
2/1
2/2
500

Nördlich der gefalteten, resp. steilgestellten Molassezügen erstreckt sich parallel zu diesen Hügeln das Kleinemme-Reusstal von Wolhusen-Schachen-Malters-Littau-Emmenbrücke-Emmen. Das Reusstal biegt bei Gisikon gegen Norden zu ab.

Der rechte Teil des Talprofils 1-1 folgt ab Wolhusen der kleinen Emme, resp. der Reuss. Dargestellt sind in Kulissenform die nördlich der Profilachse auftretenden Hügelzüge.

Die quer zum Kleinemmetal verlaufenden Profile Q, R und 2 (wobei 2 das Tal schief schneidet und es deshalb breiter erscheinen lässt) verdeutlichen den Wechsel der Talform in diesem Abschnitt.

Im Kleinemmetal, zwischen Schachen-Littau und im ganzen Rottal sind nur wenige Bohraufschlüsse bis auf den Fels vorhanden. Mit dem heutigen Informationsstand sind deshalb nur hypothetische Rückschlüsse auf die Geomorphologie möglich. Das Gebiet sollte noch detaillierter bearbeitet werden.

Die Bohraufschlüsse in der Talachse zwischen Wolhusen und Schachen (1/17 648.38o/211.93o - 1/16 648.781/211.634 und 1/15 65o.627/211.414, 574 müM) zeigen alle nach wenigen Metern Kies (max. 5,om) sofort Fels.

Anders die Bohrinformationen aus der Gegend östlich Schachen: Bei 1/14 656 25o/21o.o2o, 496 müM findet nach 17,1m Kies mit Blöcken ein plötzlicher Wechsel zu grauem, geschichtetem, tonigem Silt (Seebodenablagerungen) statt. Der Filterbrunnen der Gemeinde Malters 1/13 656.75o/21o.15o, 489 müM, zeigt über die ganzen 16,2m Bohrtiefe Kies mit Blöcken, wobei die oberen 9,om als locker, die darunter liegenden als hart gelagert beschrieben sind.

Die Nummer 1/12 = 2/2 659.46o/21o.68o, 476 müM, bei Blatten ist die einzige Bohrung in der Talachse bis auf den Fels. Nach 2,om siltigen Oberflächenschichten zeigen sich bis 13,om Kiese mit Blöcken, darunter eine mächtige, geschichtete, weiche (d.h. nicht vorbelastete) siltig tonige Seeablagerung bis in eine Tiefe von 75,5 m. Nach einem halben Meter steifer Moräne folgt auf 76,om der Fels.

Die Bohrungen 1/11 66o.38o/21o.85o, 469 müM. und 1/1o 661.14o/211.1oo, 465 müM weisen analoge Abfolgen auf. In 1/11 folgt der Uebergang Kies-Lehm bei 11,6m, in 1/1o bei 11,3m.

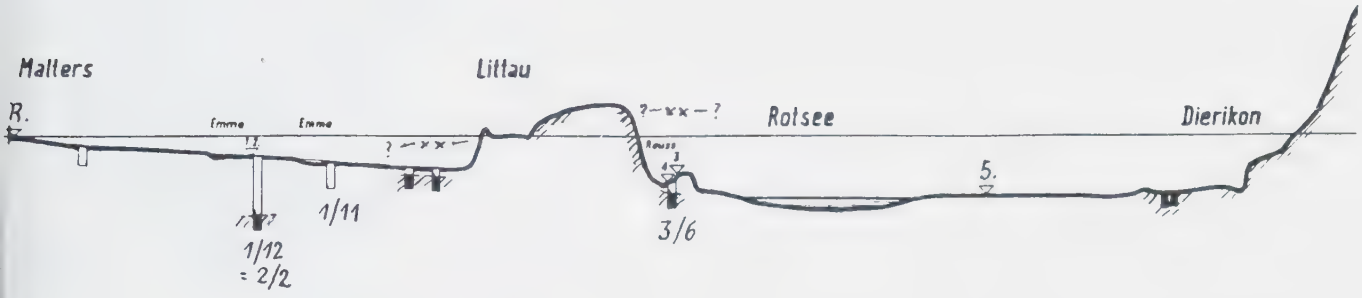
Ab Littau steigt in der Talachse der Fels an, was in den Bohrungen 1/9 661.32o/211.27o, 46o müM bis 1/4 663.5oo/214.ooo 435 müM bei Emmenbrücke dokumentiert ist. Unterhalb einigen Metern Kies liegt 1 -2m Moräne, dann Fels.

Früher ist die kleine Emme bei Emmenbrücke via Herdschwand-Gersag-Mooshüsli dem Emmenfeld zugeströmt. G. Boesch-Ineichen hat in seiner Broschüre "Zur Lothar-Urkunde vom 25. Juli 84o - die Königsfreien von Emmen Luzern" urkundlich nachgewiesen, dass im 8. Jahrhundert eine Korrektur der Emme in die Reuss bewerkstelligt wurde.

Die tiefere Region nordöstlich des Reussdurchbruches wurde ebenfalls hauptsächlich z.Z. des Hurdenstadiums geprägt. Da die Moränenwälle im Reusstal verschwemmt sind, lässt sich die damalige ungefähre Eisrandlage nur an Hand der Moränenwälle an den Hangpartien rekonstruieren. Der Gletscher hatte etwa die Ausdehnung Rothenburg - Ober Utigen - nördlich von Inwil - Dietwil - Oberrüti - Hünenberg - Honau - Gisikon - Hasliwald - entlang dem Hundsrüggen. Damals floss ein Teil der Schmelzwässer über das Rontal ab.

Profil S-S

S-S



Im Gebiet Emmefeld-Haslifeld sind in der Talmitte keine Informationen aus Bohrungen bis auf den Fels vorhanden.

Aus den drei vorhandenen Bohrungen in der Talachse resultieren folgende Ergebnisse:

1/3 666.000/215.480, 426 müM: nach zwei Metern Verlandungssedimenten aus sandigem Silt folgen bis Bohrende auf 15 m Kiese mit Blöcken. Ebenfalls ist in 1/2 666.140/215.800, 425 müM über die ganzen 15 m Bohrtiefe Kies. Die 20-m-Bohrung 1/1 666.380/216.200, 423 müM zeigt hauptsächlich kiesigen Aufbau, doch ist die Lokalität mit kiesigen Sandlinsen durchsetzt.

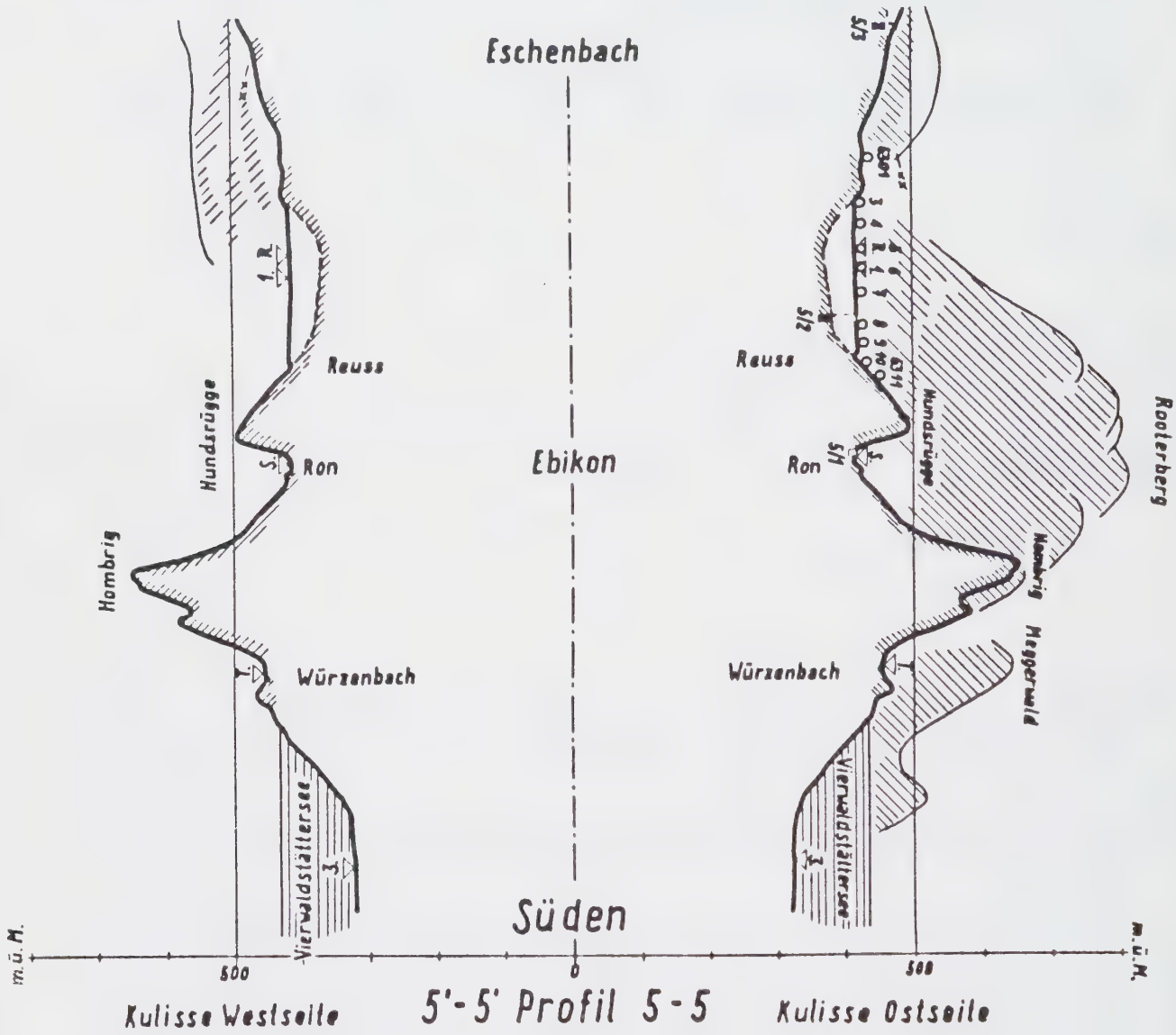
In einer Baugrube bei Koordinate 666.770/215.500 fand man in ca. 8 m Tiefe im Kies einen Eichenast. Im ^{14}C-Labor der Universität Zürich bestimmte man das Alter auf 4.490 $\pm$ 80 yBP.

Auf der rechten Talseite der Reussebene sind 4 Bohrungen bis auf den Fels abgeteuft worden.

Die Bohrung bei 667.00/215.900, 423 müM lokalisiert in den obersten 8 m Kiese, zwischen 8m und 16m kiesige Grobsande. Die zwischen 16m - 23m vorhandenen geschichteten tonig bis feinsandigen Silte lassen auf Seeablagerungen schliessen. Zwischen 23m und 29,8m, vor Felsbeginn, ist Moräne durchbohrt worden.

5/2 667.660/216.650, 421 müM trifft bei 35,7m auf Fels. Die obersten 16,5m sind Grobkiese, durchsetzt mit Sandlinsen. (7,0m - 9,5m und 11,5m - 12,5m) Zwischen 16,5m und 31.8m sind wiederum siltige Seebodenablagerungen, die von 31.8m - 35,7m von einer kompakten Moräne unterlagert sind.

Die drei Bohrungen im Schiltwald nahe der Reuss (auf der Talseite) zeigen eine einfache Abfolge von Kies-Moräne-Fels, wobei die Moränenmächtigkeit zwischen 4m-8m ausmacht und der Fels bei 16m - 21m Tiefe folgt.

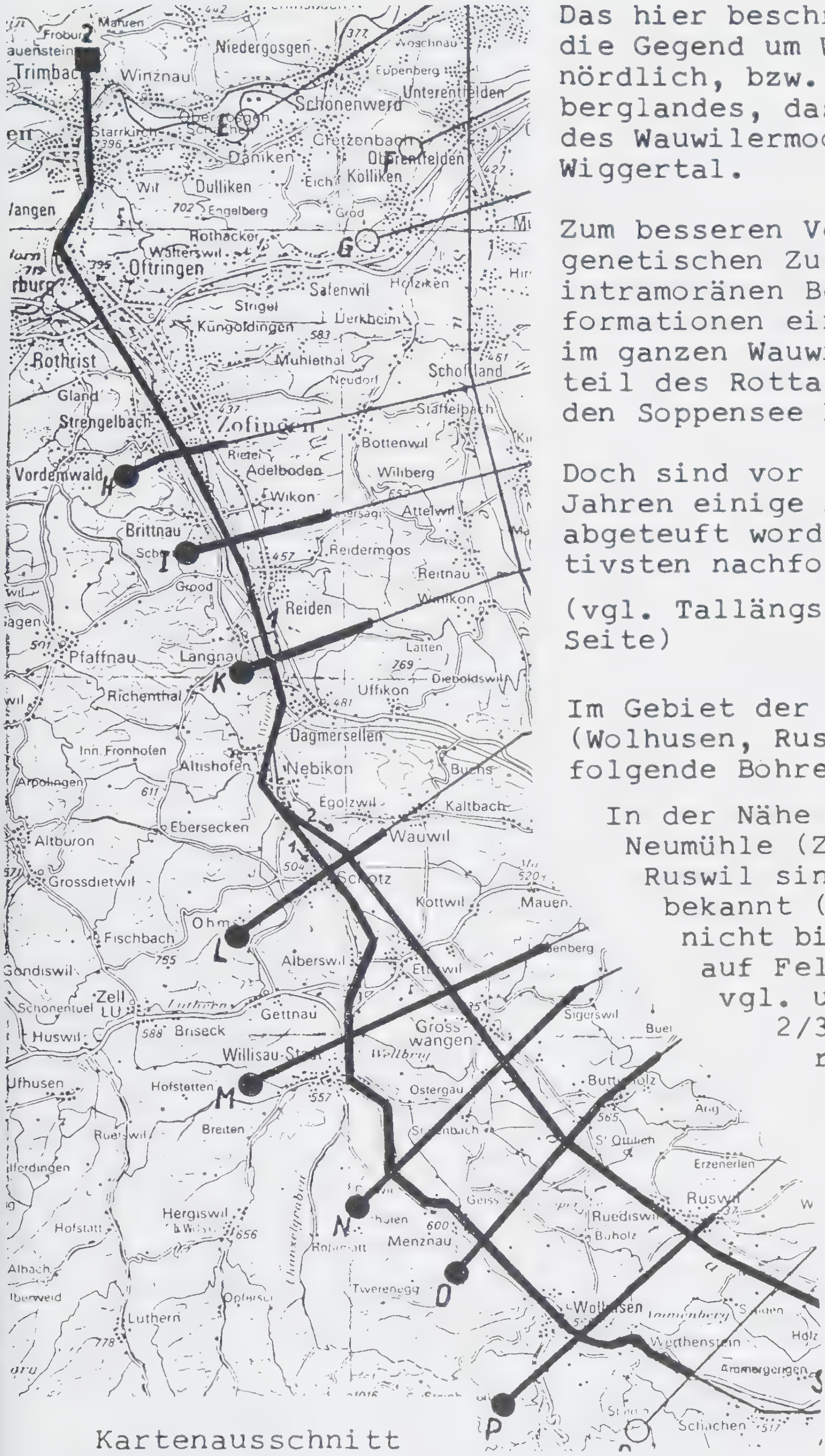


Das Gravimetrieprofil Eschenbach 63, das zwischen oberem und unterem Schiltwald das Reusstal durchquert, illustriert, dass das Tal in dem Abschnitt nur ca. mit 5o m Lockergestein aufgefüllt ist. Auf beiden Talseiten steht der Fels an.

Im Vergleich zu den andern Tälern ist das Reusstal in dem Abschnitt wenig übertieft.

Im Rontal zwischen Rotsee und Root sind mir nur wenige Sondierergebnisse bekannt. Eine Bohrung 67o.6oo/216.95o, 42o müM bei Dierikon, ca. in der Talachse gelegen, zeigt bis 4,om Feinsand, von 4,om - 15,om Grobkies, von 15,om - 18,om Lehm, gefolgt von Fels. Es scheint, dass die Rontal-Rinne untief ist.

6. Westliche Randzone der würmeiszeitlichen Vergletscherung des Luzerner Alpenvorlandes und deren Abflussrinnen



Kartenausschnitt
1:2oo.ooo,
reproduziert mit Bewilligung der Eidg.
Landestopographie, vom 28. Juni 1982

Das hier beschriebene Gebiet umfasst die Gegend um Wolhusen, die Region nördlich, bzw. nordöstlich des Napfberglandes, das Rottal, das Westgebiet des Wauwilermooses, sowie das Luthern-Wiggertal.

Zum besseren Verständnis der morphogenetischen Zusammenhänge sind im intramoränen Bereich zusätzliche Informationen einzuholen. So bestehen im ganzen Wauwilermoos und im Grossteil des Rottales und im Gebiet um den Soppensee Informationslücken.

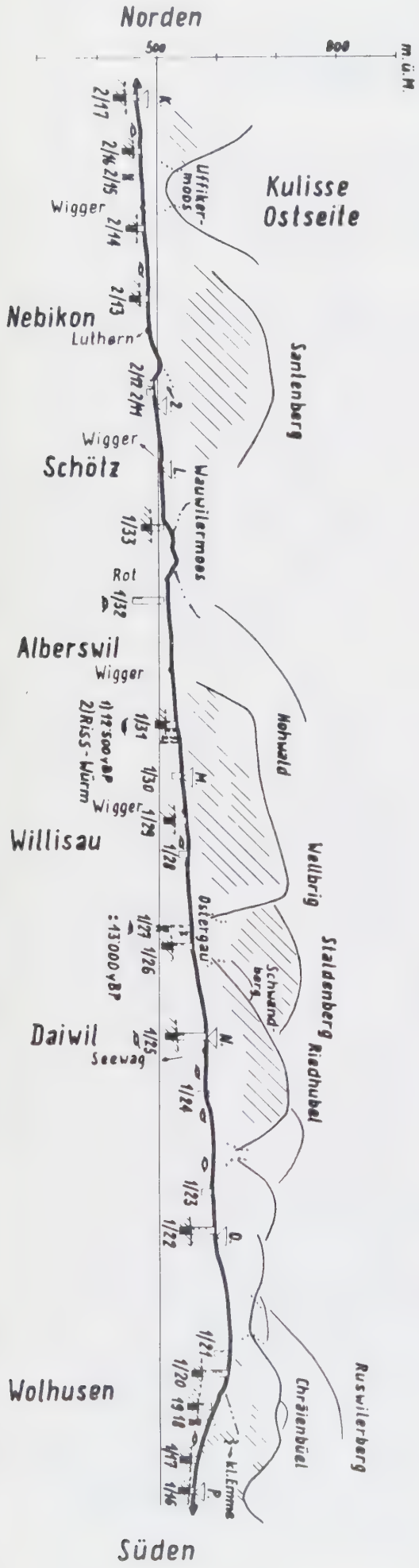
Doch sind vor allem in den letzten Jahren einige interessante Bohrungen abgeteuft worden, wobei die informativsten nachfolgend beschrieben sind.

(vgl. Tallängsprofile auf nächster Seite)

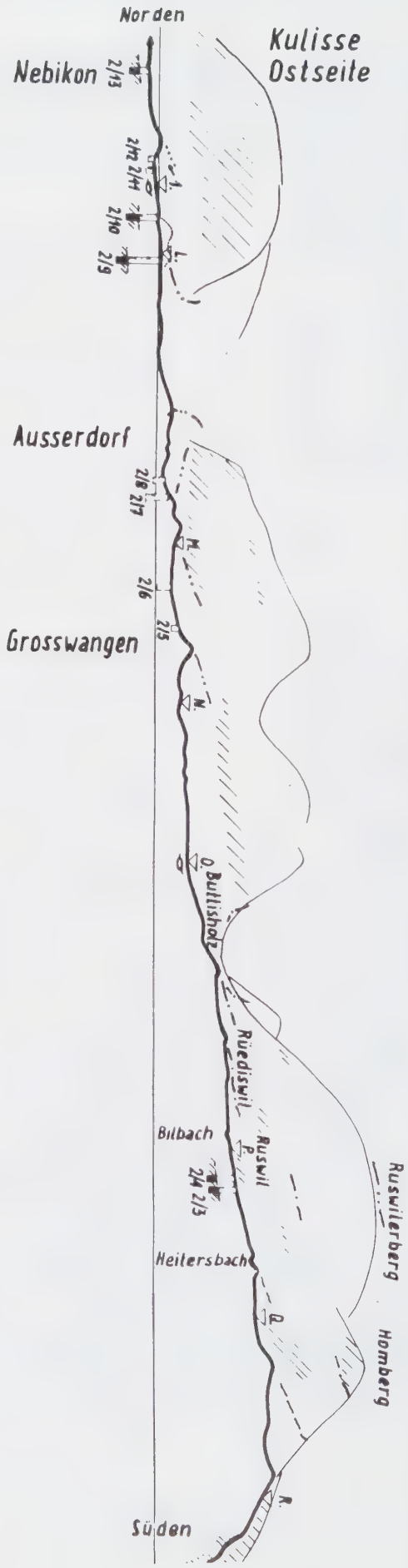
Im Gebiet der Querprofile O-O bis Q-Q (Wolhusen, Ruswil, Buttisholz) sind folgende Bohrergebnisse vorhanden:

In der Nähe des Moränenwalles bie Neumühle (Zürichstadium), östlich Ruswil sind 6 Bohrinformationen bekannt (2 nördliche Bohrungen nicht bis auf Fels, 4 südliche auf Fels, Tiefe je ca. 24,om, vgl. untenstehende Beschriebe 2/3 und 2/4). Da diese Bohrungen an den Talflanken liegen, kann über die maximale "Felstiefe" noch keine genaue Aussage erfolgen. Da aber anderseits an der nahe gelegenen Sonnmatt, an der Strasse nach Ruswil Fels ansteht, scheint hier das Rottal nicht stark übertieft. Beim Filterbrunnen 2/3 652.51o/214.22o, 633 müM ist nach 3m Grobkies eine obere Moräne, die bis 9,om Tiefe reicht, vorhanden. Darunter folgen bis 22,5 Tiefe Flussschotter, dan bis 24,6m hart gelagerte Moräne. Unterhalb 24,6m ist Fels.

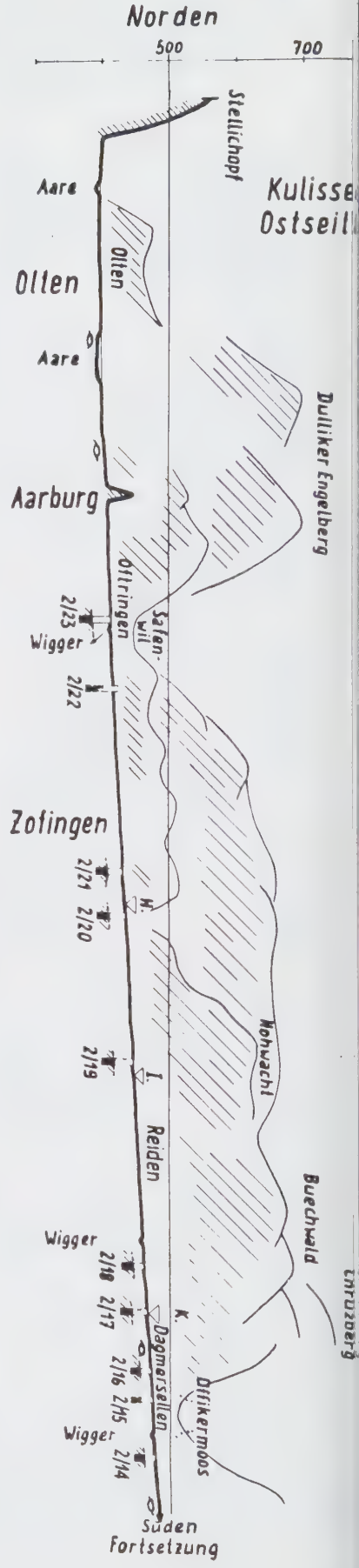
Profil 1-1



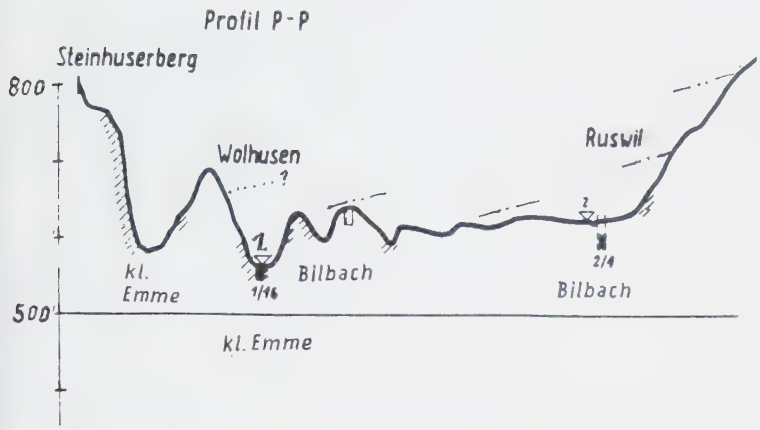
Profil 2-2



Profil 2-2



Bei der hangwärts gelegenen Bohrung 2/4 652.389/214.25o, 631 müM fehlt die obere Moräne; die Flussschotter reichen bis 19,5m, die Moräne bis 23,om, darunter liegt Fels.



Südwestlich von Ruswil untersuchte man für den Standort der ARA den Untergrund (65o.84o/214.22o, 612 müM) und erhielt als Ergebnis in den oberen 13m weich bis halbfest gelagerte Silte mit reichlich Kies und Steinen, unterlagert von einer mächtigen Moräne bis zum Bohrende auf 23,om.

Bilbach abwärts ist bei Bilmüli Fels im Bach anstehend. Südwestlich davon, oberhalb auf dem Hügel sind Informationen über den Untergrund beim Bau der Kompressorenstation der Transitgas 649.655/212.6oo, 642 müM, eingeholt worden. Das Bohrgut zeigte moränenartigen Charakter, zwischengelagert von geschichtetem Silt (gletschernahe Seesedimente),bis 2om Endtiefe.

Im engen Talabschnitt zwischen Werthenstein und Wolhusen steht an beiden Talhängen Fels an. Teils fliesst die kleine Emme auf Fels.

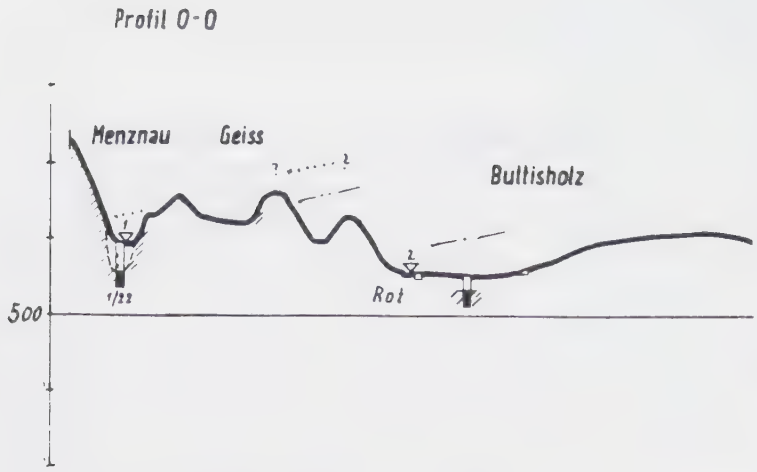
In Wolhusen bei 1/18 648.28o/212.5oo, 592 müM, am Hang nördlich der Kirche liegt bis auf 7,1m Silt, der als "Gehänge-Lehm" taxiert wird. Darunter folgt bis 16,5m ein Terrassenschotter unbekannten Alters. Bis auf eine Tiefe von 23,5m wurde Bohrgut mit schichtweise "moränenartigem Habitus" gefunden, unterlagert vom Fels. Etwas hangaufwärts, bei 648.25o/212.62o, 6o6 müM, ist ebenfalls nach 8,4m Gehängelehm bis auf 21,5m Terrassenschotter angetroffen worden.

Im Talboden beim Grundwasserpumpwerk Bergboden 1/19 647.98o/212.7oo, 588 müM, sind die oberen 18m kiesiger "Wiggerschotter", darunter bis zum Fels auf 2o,5m hart gelagerte Moräne.

In Unterschlächten 1/2o 647.52o/212.9oo, 614 müM, kam der Fels erst bei 41,5m Bohrtiefe zum Vorschein. Leider ist die Bohrung schon älter und die Informationen etwas fraglich. Von o - 33,5m könnte es sich um eine obere Moräne, von 4o,om - 41,5m um eine untere Moräne handeln, wobei dazwischen locker gelagerte Kiesschotter erbohrt wurden. Nur wenig nördlich dieser Bohrung steht am Hang bei 647.55o/213.o5o der Fels an.

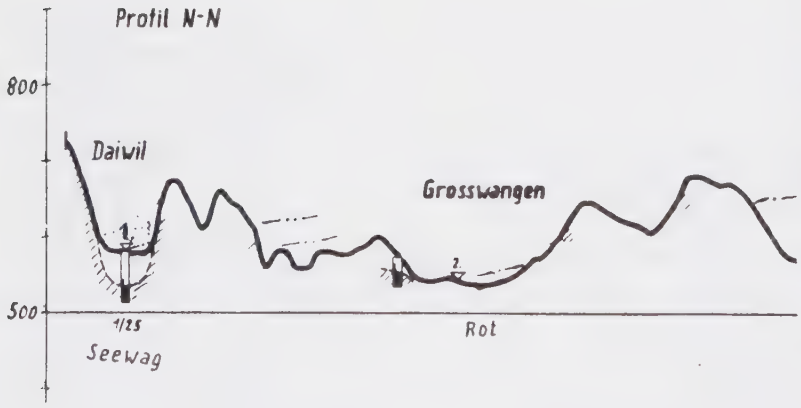
Bohrinformationen vom Neubau des Kreisspitals Wolhusen zeigen, dass auf der Anhöhe im Sädel (ca. 648.32o/213.o5o, ca. 648müM) nach einigen Metern Oberflächenschichten kompakt gelagerte Moräne erscheint.(Bohrtiefe max. 2om)

Auf der andern Talseite befindet sich bei 647.2oo/212.4oo eine kleine Kiesgrube. Beim Ausbeuten fand sich zuoberst eine ca. 5m mächtige geschichtete Lage aus Sand, Feinsand und Silt. Darunter folgten regelmässig gelagerte Kies-Sande.



In Menznau ist in der Talachse bei 1/22 645.825/ 214.415, 595 müM, zuoberst 2,om zersetzter Torf. Dann sind bis 1o,om "breiige" geschichtete siltige, bis 12,om locker gelagerte sandige Seesedimente angebohrt worden. Darunter folgt locker gelagert Kies bis 15,om, unterlagert von einer hart gelagerten Wechselfolge von Flussschottern (Kiese) mit moräneartigen lehmigen Zwischenschichten bis zum Fels, der in Tiefe von 38.om folgt.

Ausserhalb des Profils, beim Weiler Rötelberg 645.ooo/216.42o, 612 müM. sind informative Bohrresultate gefunden worden. Bei Endtiefe von 39 m wurde der Fels noch nicht erreicht. Dabei sind in den obersten 8m lockere, oft geschichtete Sande, darunter bis 23,4m lockere graublaue geschichtete tonige Silte vorhanden. Bis auf 34,om folgt eine Wechsellagerung von halbfesten siltigen Sanden zu mittelhart gelagerten kiesigen Sanden. In den untersten 5m wurde mittelhart gelagerter siltiger Sand mit Kies mit Zwischenlagen von hart gelagertem siltigem Kies mit Steinen (wahrscheinlich Moräne) angetroffen.

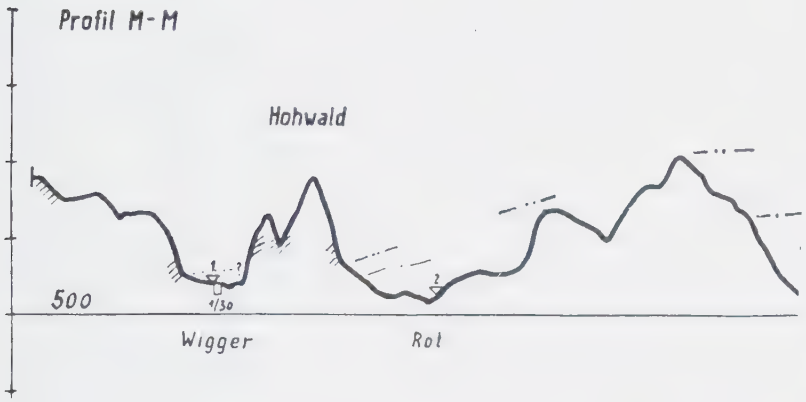


Im Profil N-N ist durch die Bohrung südlich Grosswangen-Hueben, ca. 646.28o/218.88o, ca.57omüM. dokumentiert, dass im "inneren" Maximalstadium das Eis am Felsausläufer des Grosswanger Wellbrig anstand. Bis 7,1m sind feinkörnige Sedimente, darunter bis zum Fels, der unter 2o,om einsetzt, eine fest gelagerte Moräne.

Im Tal der Seewag bei Daiwil 1/25 643.69o/216.38o, 582 müM, erbohrte man den Fels erst auf 51m Tiefe. Die obersten 7m werden von siltigen Seesedimenten, die holozäne Pollenflora aufweisen (Küttel, schriftl. Mitteilung), gebildet, gefolgt von einer 5m mächtigen unregelmässigen Abfolge von kiesig bis sandigen Delta-Ablagerungen. Von 12,om - 44,om kam ein mächtiger Flussschotter zum Vorschein. Darunter folgt eine obere Moräne (44,om - 46,om), bis 49,om ein weiterer Flussschotter mit z.T. verkitteten Kiespartien, darunter eine zweite Moränenschicht bis auf 51,om Tiefe (Fels).

Im Haupttal der Seewag sind zwei Bohrinformationen bis zum Fels vorhanden. Bei 1/26 643.61o/217.91o, ca. 556 müM sind die obersten 7m feinkörnig ausgebildet, darunter folgen bis auf 29,om Kiese, gefolgt bis auf 33,om von einer sehr hart

gelagerten Moräne; unter 33,om Fels. Bei 1/27 643.79o/218.19o ca. 552 müM ist die Abfolge etwas komplizierter. Die obersten 4,5m bilden feinkörnige Verlandungssedimente, von 4,5m - 7,om folgt ein oberer Flussschotterkomplex. Die sandigen Seesedimente zwischen 7,om und 1o,5m datierte Küttel (1983) auf Grund von pollenanalytischen Untersuchungen ins ausgehende Spätwürm, ins Bölling ca. 13.ooo yBP. Bis zu 13,om wird das Korn etwas gröber zu einem sauberen Sand, mit vereinzelten Kieskörnern, was auf Deltaablagerung schliessen lässt. Zwischen 13,om - 18,om findet man eine obere Moräne, unterlagert von Kiesen bis auf 24,5m Tiefe. Bis auf 33,5m folgen geschichtete Silte, die auf Seeablagerungen hinweisen und deren Alter auf Grund der Pollenflora als Mittelwürm datiert ist (ca. 25.ooo - 5o.ooo yBP). Darunter wurde bis zur Felstiefe auf 36,9m eine untere hart gelagerte Grundmoräne erbohrt.



Im Gebiet Querprofil M-M sind im Rottal zwei Informationen vorhanden. 2/7 644.56o/221.765, 52o müM, zeigt nach 2,5m siltigen und sandigen Ablagerungen von 2,5m - 9,om Kiese, von 9,om - 2o,5m sandige, oft geschichtete Seesedimente, unterlagert von einer Moräne bis Bohrende auf 35,om.

2/8 644.71o/222.395, 519 müM, zeigt eine analoge Schichtabfolge mit ebenfalls (ab 1o,8m) feinkörnigen, geschichteten Seeablagerungen bis Bohrende auf 2o,om.

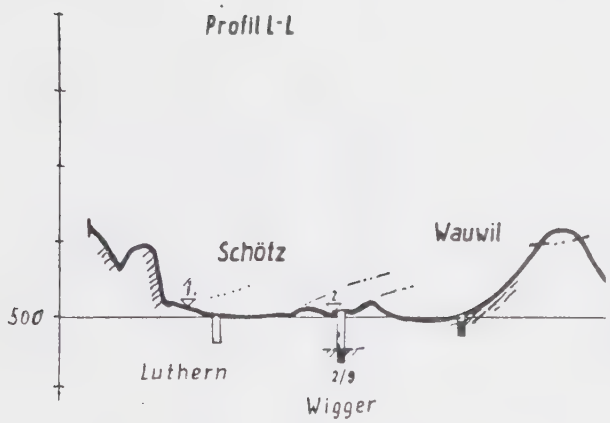
Im Raume Willisau sind in der Achse des Wiggertals keine Bohrungen bis auf Fels vorhanden.

Zwischen Willisau und Alberswil und zwischen Hohwald und Willbrig, bei 1/31 642.55o/22o.97o, ca. 531 müM, bilden die obersten 3,2m siltige Seesedimente. (Küttel (1983) deutet auf Grund der Pollenflora die Basis dieser Seesedimentschicht ins Bölling ca. 12.5oo yBP. Unter diesem feinkörnigen Schichtpaket folgen 12m mächtige Flussschotter, die zuoberst rotbraun verfärbt sind, sodass auf einen Hiatus zwischen dem Silt und dem Schotter sowie eine dazwischengeschaltete Bodenbildungsphase geschlossen werden kann. Zwischen 15,5m und 17,5m ist Moräne, darunter Fels angetroffen worden.

Eine ähnliche Sedimentfolge zeigt auch die etwas westlich von Profil 1-1 gelegene Bohrung 641.o4o/221.43o, bei Gettnau. Bis 6,om Tiefe finden sich feingeschichtete Silte, unterlagert bis 14,om von Kiesen, bis 19,om von Sanden, bis 26,om von Kiesen, bis 27,om von Moräne, darunter Fels. Die obersten 6,om zeigen spätwürm-holozäne Pollenflora, deren Basis wiederum bis ins Bölling ca. 13.ooo yBP zurückreicht. Auch hier kann auf Grund von Bodenbildungsanzeichen im obersten Kiesteil und der Pollenflora im obersten Schotterpaket (Mittelwürm, ca. 25.ooo - 5o.ooo yBP) auf einen Hiatus zwischen den feinkörnigen Flachwasserablagerungen und den Schottern geschlossen werden.

Nördlich Ettiswil ist bei 1/32 643.24o/222.95o, ca. 51o müM, in einer Tiefe von 55,om der Fels nicht erreicht. Nach 2m feinkörnigen Ueberschwemmungssedimenten folgen bis 7,om Flussschotter, darunter bis 37,om sandige, teils siltige, oft feingeschichtete Seeablagerungen. Zwischen 37,om und 55,om folgt eine mächtige Moräne, die evt. durch eine ca. 1m starke Zwischenschicht zweigeteilt ist.

Auch die Bohrinformation bei Alberswil 642.83o/222.5oo, ca. 519 müM, zeigt eine z.T. verschwemmte Moräne über dem Fels. o - 3,om sind Ueberschwemmungssedimente, 3,om -12,om Flussschotter, 12,om - 19,om geschichtete feinkörnige Seesedimente, 19,om - 26,8m Moräne, darunter Fels.

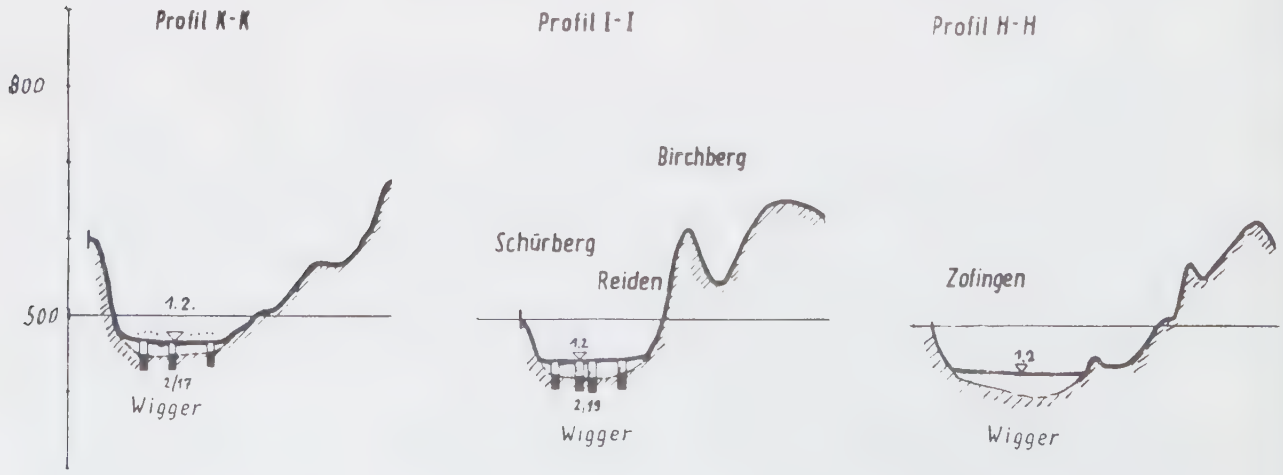


1/33 zwischen Hoostris und Schötz 642.45o/223.88o, 5o6 müM, zeigt bis zum Fels auf 2o,2m nach einer Kiesschicht bis 6,om Tiefe, zwei Moränen (6,om - 11,8m) resp. (16,om - 2o,2m), zwischengelagert von geschichteten Sandpartien.

2/9 beim Rondurchbruch durch die Moräne 642.67o/225.o4o, 5o1 müM, fand man zuoberst 4,om Verlandungssedimente mit organischen Beimengungen, zwischen 4,om und 12,om feingeschichtete siltige Seeablagerungen, darunter bis zum Fels auf 46,8m eine mächtige Moräne.

Bei 2/1o 642.ooo/225.34o, 5o1 müM, in der Nähe des Zusammenflusses Ron-Wigger stiess man in den ersten 1o,om auf Kies, darunter auf hartgelagerten Sand bis 2o,om, gefolgt von "knetbarem" tonigem Silt bis 29,5m Tiefe. Nach einer o,5m starken Moräne folgt Fels.

Beim Durchgang zwischen Wellbrig und Santenberg sind etliche untiefe, sehr heterogene Bohraufschlüsse vorhanden, die meist



sandigen Charakter aufweisen, in denen aber immer wieder Moränen nachgewiesen wurden.

Im Gebiet westlich des Wellbrig bis Schötz, Gläng und im nördlich davon gelegenen Wiggertal über Nebikon, westlich Dagmersellen, Reiden, Zofingen, Oftringen wird das Bild einfacher, indem (in der Talachse) der Fels in ca. 25m Tiefe angetroffen wird. Die Lockergesteinsauffüllungen setzen sich meist aus locker gelagerten Kiesen (Niederterrassenschottern), teilweise durchsetzt mit Moränenlagen und älteren (verkitteten) Schottern zusammen.

Bei Untersuchungen Wasserversorgung Nebikon sind südlich dieser Ortschaft, ca. 64o.4oo/225.9oo, ca. 496müM, unter den Niederterrassenschottern 3m - 4m Moräne aufgezeigt worden.Der Fels folgt zwischen 2o,om - 23,om Tiefe.

Die Schottermächtigkeit über dem Fels beträgt bei 2/14 64o.423/228.376, 478 müM, 13,2m, bei 2/15 64o.76o/229.2oo, 474 müM, 13,6m und bei 2/16 64o.651/229.6o3, 472 müM, 1o,6m.

Unterhalb Dagmersellen sind in 2/17 64o.55o/23o.4oo, 468 müM, im oberen Teil der total 2om starken Niederterrassenschotter verlehmte, moränenartige Lagen eingeschlossen (evt. prähochwürmzeitliche Schotter).
Noch unterhalb von Reiden 2/19 639.21o/233.94o, 448 müM, ist sowohl in den drei Sondierungen, wie auch in der Grundwasserfassung Pritschmatten in den durchschnittlich 22m Niederterrassenschottern, je zwischen ca. 9m - 14,om eine hart gelagerte Moräne unbekannten Alters eingeschaltet(1.Maximalvorstoss des Hürnbachlappens übers Uffikermoos oder Uebergang Niederterrassenschotter - ältere Schotter?).
Bei 2/2o 638.35o/235.97o, 435 müM, ist 23,8m Schotter,
bei 2/21 638.ooo/236.55o, 433 müM, ist 22,3m Schotter,
bei 2/22 637.236/239.268, 424 müM, ist 28,om Schotter, und
bei 2/23 635.96o/239.68o, 41o müM, ist 26,om Schotter, je bis zum Fels.

Unterhalb Oftringen-Aarburg im Einflussbereich des Rhone-Aaregletschers fand eine Vermischung von Aare- und Reusschottern statt.

In dieser Region konnte die Hauptproblemstellung, den Verlauf des Felsuntergrundes zu eruieren, mit den z.Z. zur Verfügung stehenden Informationen nur teilweise geklärt werden. Vor allem im intramoränen Bereich des Wauwilermooses und des unteren Rottales können noch keine klaren Schlüsse über unterirdische Talwege gezogen werden.

Trotzdem hat das genaue Studium der vorhandenen Daten Auskünfte über Eisstände, Akkumulations- und Erosionstätigkeiten gebracht, die hier kurz zusammengefasst werden.

Beim Eisaufbau kam es in der Gegend Gugleren-Hetzligen zu einer Konfluenz von Rottaleis und einem Seitenarm des Suhrentallappens, der über die Senke bei Buttisholz ins Rottal einfloss.

Gleichzeitig stiess auch Eis über das heutige Kleinemmetal gegen Westen vor, wobei die nördliche Randkette des Pilatusgebietes die Begrenzung bestimmten (vgl. Kapitel 5).

Zur Zeit des 1. Maximalvorstosses im Mittelwürm (ca. 75.000 yBP) reichte das Eis im Süd-Südwesten des Untersuchungsgebietes bis an die Nordhänge des Pilatus und drang ins Rümlig- und Fischenbachtal (bis an die Bramegg) und an die Napfausläufer vor. Dabei bildeten die Molassehügel Aemmenberg, Chraienbüel, Geissberg, Schwandberg und im Westen der Willisauer Wellbrig, Hohwald, Willbrig, Hinter Buttenberg, Dachsenberg Hindernisse, zwischen denen das Gletschereis durchdrang. Im Raum Wolhusen kam es dabei zu einer Konfluenz von Waldemme-Eis mit dem "Kleinemme-Eis", wie die Moränenstände beim Schwandenhof-Vorder Aemseren, resp. Egghof-Obermoos-Aernihof südlich Wolhusen verdeutlichen. Dabei ist über Wolhusen, über Seeburg-Tuetenseeli, über Blochwil-Rötelberg und vor allem auch über das Ostergau Eis ins Tal der Seewag eingedrungen. Ein grosser Eisstrom floss damals entlang dem Wellbrig und Hohwald gegen Norden und vereinigte sich mit dem Eisstrom der vom Suhrental über das Wauwilermoos nach Westen vordrang. Das Eis breitete sich nach Westen fingerförmig aus und drang über Alberswil nach Willisau, resp. Gettnau vor und über Schötz und Egolzwil gegen Westen und Nordwesten ins heutige Luthern-Wiggertal vor. Nördlich des Santenberges floss zudem noch Eis vom Suhrental über das Uffikermoos bis ins Wiggertal. (vgl. Kapitel 7).

Verschiedene Indizien weisen darauf hin, dass dieser 1. maximale Eisvorstoss nur von kurzer Dauer war.

Da einzelne Gletscherarme das Tal der Seewag und das Lutherntal kreuzten und an die westlichen Hügelzüge anstiessen, bildeten sich an verschiedenen Stellen natürliche Stauseen. Die Ur-Wigger wurde nach Westen abgedrängt und fand einen Abflussweg zwischen Willisauer-Willbrig und Buttenberg über Gettnau-Niederwil nach Norden.

Die Eisrandlagen sind nicht überall genau bekannt, weil tiefer liegende Moränenwälle in Stauseeablagerungen oder vor allem in Flussschottern "ertrunken" sind. Das ganze beschriebene Gebiet stellt ein typisches Randgebiet eines grossen Gletschers dar.

Die markanten Moränenwälle des Maximalstadiums (ca. 25.000 yBP) verdeutlichen, dass die Gletscher zu jener Zeit länger stationierten. Die Eisrandlagen lassen sich aus den Längs- und Querprofilen deutlich herauslesen. Zum Maximalstadium gehören die markanten Wälle über Egolzwil, Hoostris, Ausserdorf, die das Wauwilermoos abgrenzen, die Wälle zwischen Hohwald-Wellbrig und Staldenberg-Bluemenberg bei Gishubel und bei Grosswangen-Hueben, die Moränen bei Blochwil und am Geissberg, sowie im Südwesten die Moränenzüge über Dachsigwald, Chriesbaumen, Hohrüti, Wiprächtigen, hinüber zum Schächbüelwald. Westlich Werthenstein vereinigte sich der letztbeschriebene Gletscherast mit Eis, das über das heutige Kleinemmetal bis in die Gegend von Wolhusen vorrückte.

Beim Rückzug des Gletschers zu innern Staffeln des Maximalstadiums und vor allem zu den Rückzugsstadien muss sich die "Ur-Kleinemme" (randglaziale Entwässerung) bei ihrem Lauf von Werthenstein nach Wolhusen noch mehr in den Molassefels eingetieft haben. Bei Wolhusen nahm die "Ur-Kleinemme" noch Schmelzwasser des Waldemmegletschers auf, um von da weg als "Ur-Wigger" gegen Norden zu fliessen. Diese "Ur-Wigger" durchfloss dabei einige temporäre Stauseen, so dass es zu einer komplexen Akkumulations- und Erosionssituation führte.

Die Rückzugsstadien im Uffikermoos und Wauwilermoos sind in Kapitel 7 beschrieben.

Im Schlierenstadium trennte sich der Eisarm, der vom Suhrental nach Buttisholz vorstiess, vom Rottalarm. Im Rottal lag Gletschereis im Ruediswilermoos. Der Bilbach floss dabei noch nördlich von Ober und Unter Höchweid in die "Ur-Kleinemme", die auch damals nach Richtung Westen floss. Wo damals im Kleinemmetal das Eis stirnte, kann nicht mehr dokumentiert werden, da die Moränen wegerodiert sind.

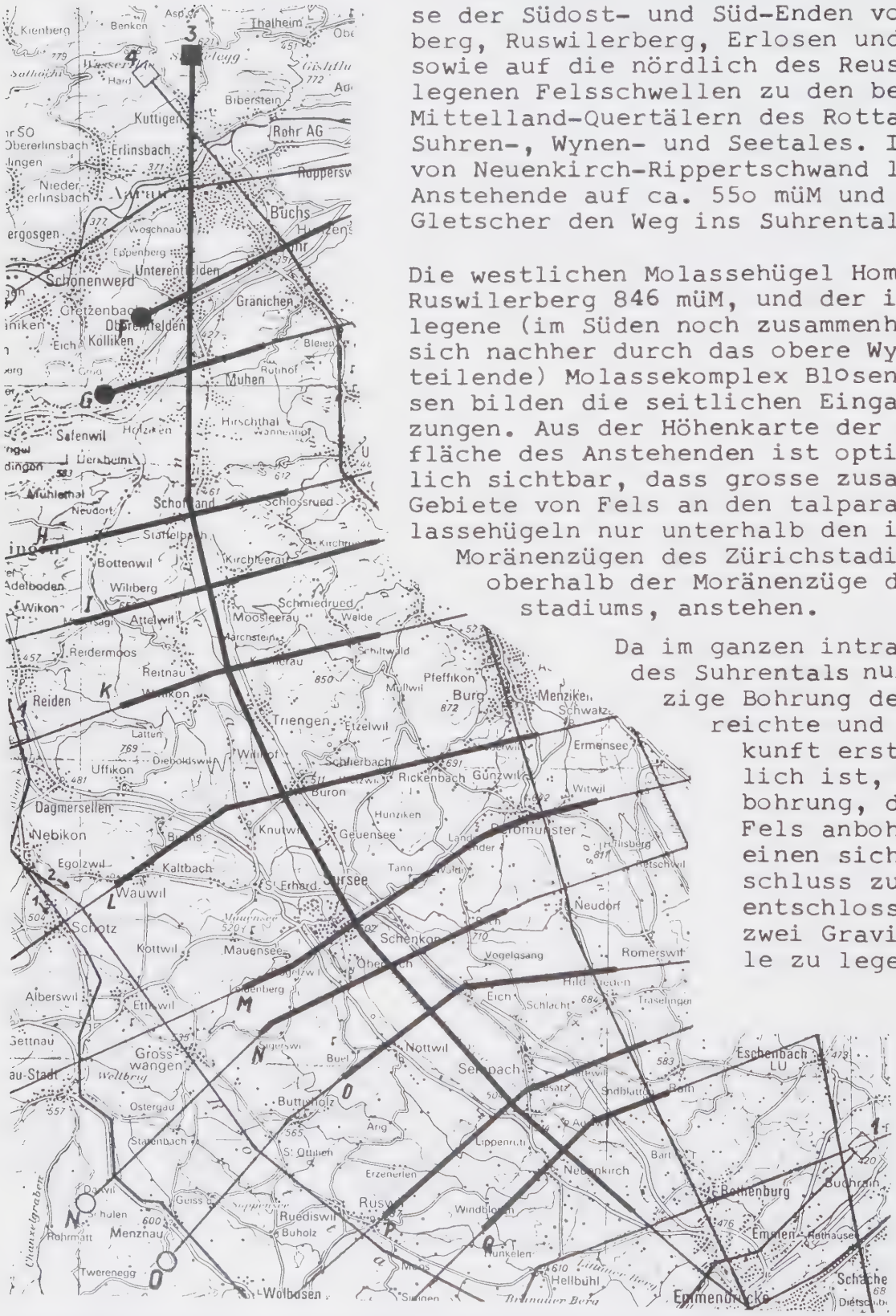
Die Endmoränen des Zürichstadiums lassen sich nur noch im oberen Rottal feststellen, wo sie bei Moos und bei Hapfig markante Wälle bilden (vgl. Kapitel 5). Wie weit gegen Westen das Eis im Kleinemmetal noch stand, ist infolge der Informationslücke im Gebiet Aennigen, Schachen bis Langnau noch unbekannt. Ich vermute, dass auch zu der Zeit noch eine Entwässerung in Richtung Wolhusen stattfand. Erst beim sukzessiven Abschmelzen des Eises bis zum Hurdenstadium bildete sich im Kleinemmetal zuerst ein Stausee, der sich, sobald der Weg gegen Osten frei wurde, in diese Richtung entleerte.

7. Das Suhrental, incl. Wauwilermoos, Uffikermoos und die Region Sursee bis Rickenbach

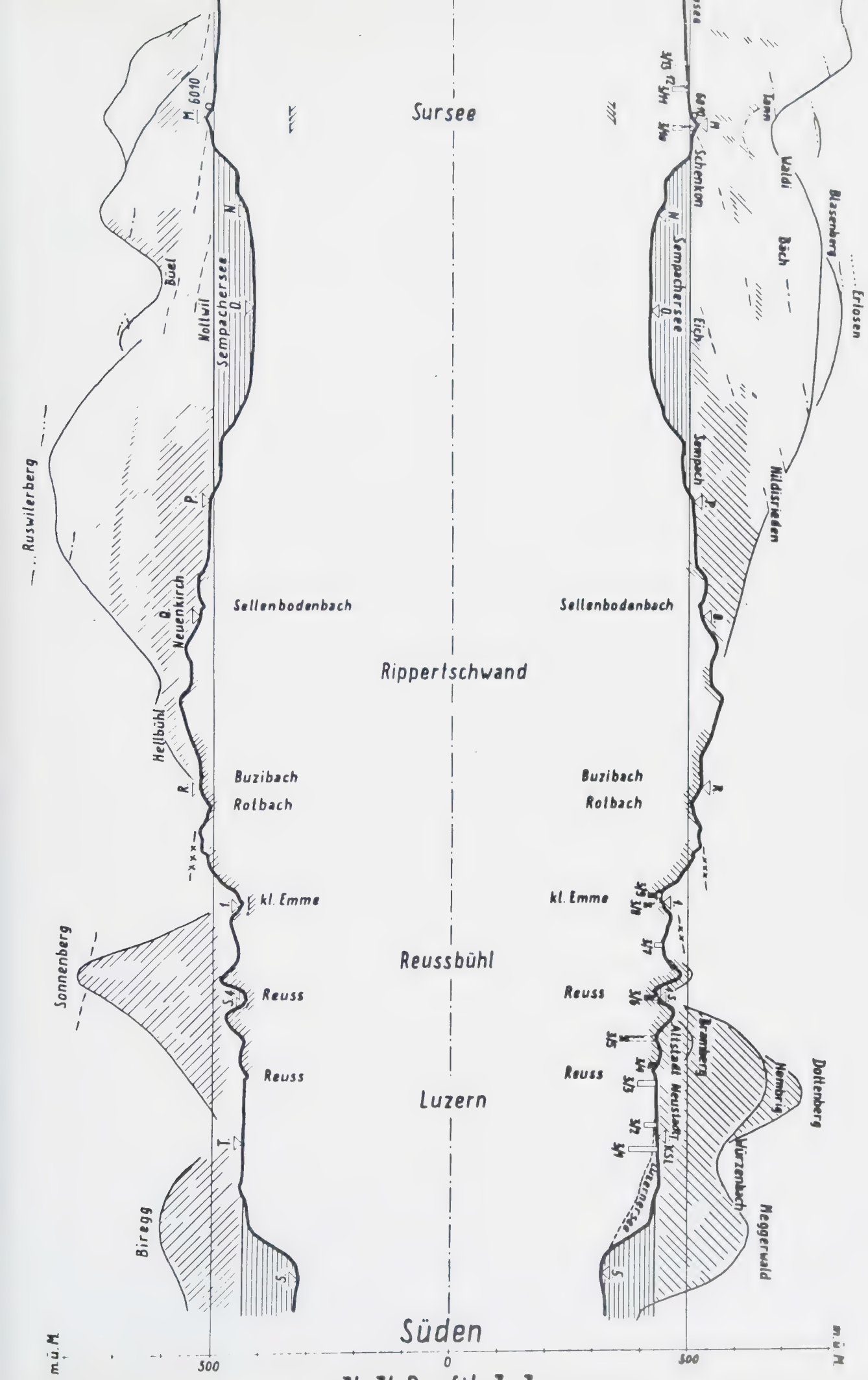
Nachdem die wachsenden Gletscher die Molasseschwelle am Schlüsselpunkt Luzern überflossen hatten, stiessen sie beim weiteren Vorrücken im Norden auf die Felshindernisse der Südost- und Süd-Enden von Aemmenberg, Ruswilerberg, Erlosen und Lindenberg, sowie auf die nördlich des Reusstales gelegenen Felsschwellen zu den benachbarten Mittelland-Quertälern des Rottales, des Suhren-, Wynen- und Seetales. In der Senke von Neuenkirch-Rippertschwand liegt das Anstehende auf ca. 55o müM und gab da dem Gletscher den Weg ins Suhrental frei.

Die westlichen Molassehügel Homberg 838müM, Ruswilerberg 846 müM, und der im Osten gelegene (im Süden noch zusammenhängende, sich nachher durch das obere Wynental aufteilende) Molassekomplex Blosenberg-Erlosen bilden die seitlichen Eingangsabgrenzungen. Aus der Höhenkarte der Felsoberfläche des Anstehenden ist optisch deutlich sichtbar, dass grosse zusammenhängende Gebiete von Fels an den talparallelen Molassehügeln nur unterhalb den innersten Moränenzügen des Zürichstadiums, resp. oberhalb der Moränenzüge des Maximalstadiums, anstehen.

Da im ganzen intramoränen Teil des Suhrentals nur eine einzige Bohrung den Fels erreichte und diese Auskunft erst noch fraglich ist, (3/16 Spülbohrung, die nur 5ocm Fels anbohrte, was für einen sicheren Rückschluss zu wenig ist) entschloss ich mich, zwei Gravimetrieprofile zu legen.

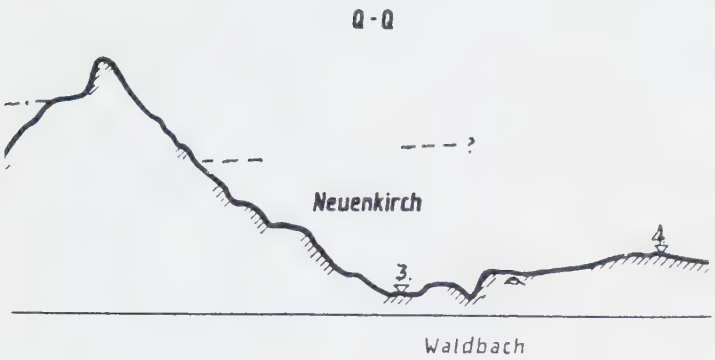


Kartenausschnitt 1:2oo.ooo, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 28. Juni 1982

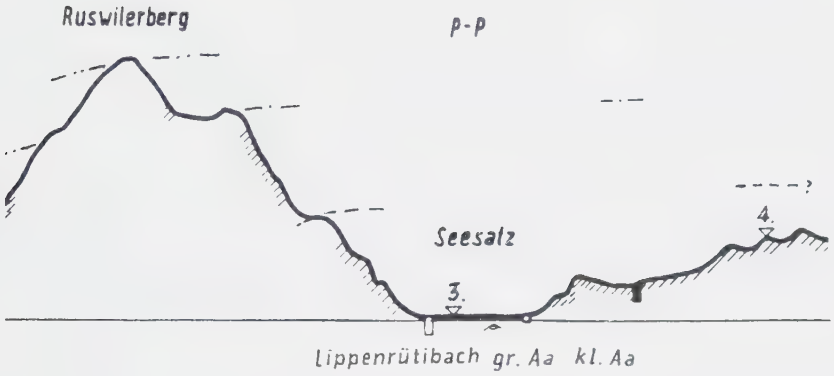


Kulisse Westseite 3'-3' Profil 3-3 Kulisse Ostseite

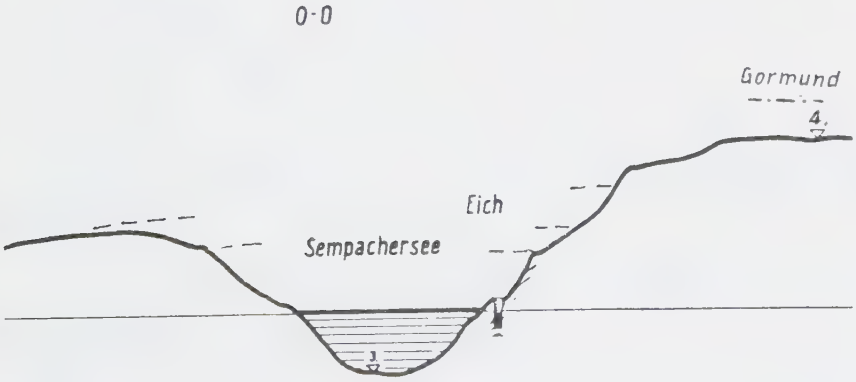
Kulisse Westseite 3'-3' Profil 3-3 Kulisse Ostseite



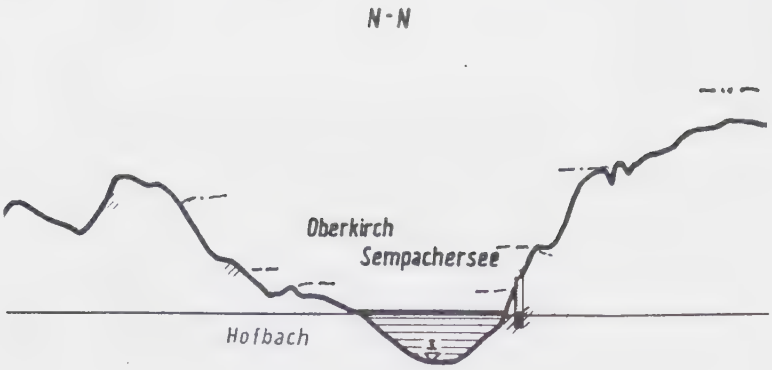
Im Taleingang auf der Höhe Rippertschwand-Neuenkirch, einer typischen Drumlin- und Rundhöckerlandschaft, sind von der östlich der Profilachse gelegenen Autobahn viele Informationen vorhanden. Sie zeigen alle nach wenigen Metern Moränematerial(2,om - max. 1o,om) Fels. Oft wurde auch Fels direkt erbohrt.



Am Sempachersee-Anfang sind am Ufer, nahe des anstehenden Molassefelsens, am Fuss des Ruswilerberges für die Wasserversorgung Neuenkirch einige Rotarybohrungen ausgeführt worden. Es zeigt sich, dass der Fels steil absinkt. Die Bohrungen am Hangfuss 656.25o/218.65o, 5o9müM, ergeben nach 14,5m kiesigen Sanden bis auf 24,5m z.T. verkittete Kies-Sande, was auf Moräne schliessen lässt. Bei der Bohrung am Ufer 656.55o/218.73o, 5o8 müM, erfasste man oben Torf, dann bis ca. 8,om Sand, darunter bis Bohrende von 24,5m tonigen Silt.



Das Profil O-O traversiert den Hang östlich des Sempachersees schief. Dadurch wird ein innerer Moränenzug des Zürichstadiums in Seenähe am Eichberg, ein äusserer, höherer jedoch erst am Rotbach gegen Hildisrieden hinauf, gekreuzt. In diesem Querprofil erscheinen daher diese beiden Seitenmoränen zu stark "höhenversetzt".

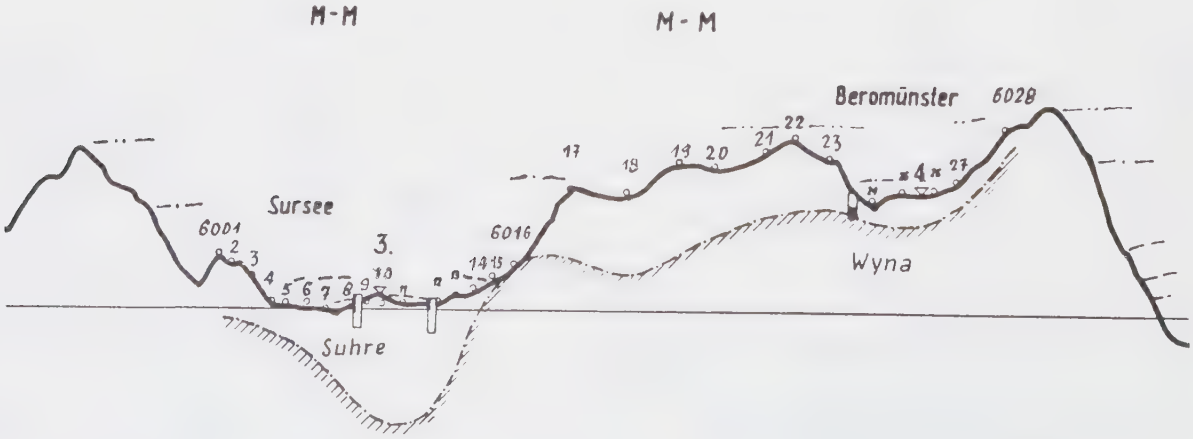


Aus den zahlreichen Bohrprofilen am Nordostufer des Sempachersees lassen sich mehrere kleine Einzelwälle innerhalb des Zürichstadiums verfolgen. Die Bohrergebnisse zeigen eine einfache Abfolge, indem unterhalb von Moräne direkt Fels folgt. Die Moränenmächtigkeit beträgt westlich Eich, 655.19o/222.685 538 müM, knapp 17,2m, bei 654.824/222.831 525,5 müM, 22,2m,bei 653.83o/223.8oo 527 müM, 28,3m, bei 653.779/223.753 513 müM, gar 34,2m, wogegen bei 653.427/224.213 513 müM, wieder nur 21,7m Moräne angetroffen wurde. Aus diesen Informationen ist zu schliessen, dass ein Moränenzug über Chalacher-Buechmatt in den Sempachersee hinein verläuft (innere Staffel des Zürichstadiums).

Einige interessante Bohrinformationen veranlassten mich, quer zum Tal am See-Ende ein Gravimetrieprofil zu legen.

Nordwestlich Schenkon wurde für die N2 bei 652.276/225.o15 5o6 müM eine Bohrung auf 15m durchgeführt, die später noch auf 36,om abgeteuft wurde. Nach 6,5m Torf, Seekreide und hellgrauem tonigem Silt folgte bis auf lo,4m Moräne, darunter bis 36,om Kiese und Sande, wahrscheinlich eiszeitliche Deltaablagerungen, oder Vorstossschotter.

Von den fünf Bohrungen Bezirksspital Sursee, die ab der Mariazeller-Stirnmoräne abgeteuft wurden, ist hier die tiefste beschrieben: 3/1 651.48o/224.42o 517,5 müM ; die obersten 17,om bildet eine hart gelagerte Moräne, dann folgt bis 27,9m verschwemmte Moräne, darunter grau geschichtete siltige Sandlagen (Seeablagerungen) bis 43,om Tiefe, dann eine tiefere, sehr hart gelagerte Moräne bis zum Bohrende auf 45,om.



Das Gravimetrieprofil 6o-Sursee zeigt, dass diese tiefen Bohrungen nur den obersten Teil eines bei Sursee mächtigen Troges von ca. 15om Tiefe durchstiessen.

Kleine Interpretierungsschwierigkeiten (Fehlerquelle) entstanden, weil am Profilende auf der linken Talseite nicht Fels ansteht. Nur 6o15 und 6o16 auf der rechten Talseite sind tatsächlich Felsstationen. Die Messungen dritter Priorität gegen Beromünster verhalfen zu einer sinnvollen Interpretierung, da südlich vom Profilpunkt 6o28, auf 73o müM Fels ansteht und beim Erstellen des Filterbrunnens Schlösslimatte, bei Beromünster, im Jahr 1959, in der Nähe der Messstation 6o24 bei 656.7oo/228.27o 667 müM, in 13,6m Tiefe Fels angetroffen wurde. So liess sich die Regionalanomalie über die Profilpunkte 6o16 und 6o28 verifizieren. Der Hügel auf der linken Profilseite lässt sich in Verbindung bringen mit dem im Gutachten für die N2 (Büro von Moos, 1972) beschriebenen äussersten Moränenwall von Sursee, der im Surseerwald ins Tal einbiegt.

Als informativ haben sich die gravimetrischen Messresultate aus der östlichen Profilfortsetzung (Messstationen dritter Priorität) erwiesen. Die Reliefverhältnisse nördlich Tann am Bonenberg und Höchweidwald verursachten eine Abspaltung des Suhrentaleises, indem ein rechter Seitenast nach Richtung Rickenbach abgedrängt wurde. (maximaler Eisstand auf der Krete bei Haumässer auf 82o müM). Die Felsschwelle zwischen Grüt und Tann steigt nur auf ca. 57o müM an, die minimale Terrainhöhe jedoch beträgt ca. 64o müM. Zur Zeit des Schlierenstadiums war die seitliche Eisrandlage gerade etwa auf der Höhe Tann, Chommlen, Grüt, sodass nach dem Eisabschmelzen der Moränenabschluss wie ein Damm wirkte, der das Moos gegen das Suhrental abdichtete. Das Gebiet Moos gegen Gunzwil ist bis 1oo m mit Lockermaterial unbekannten Alters und Zusammensetzung aufgefüllt.

Im 1. Maximalstand des Würm reichte der Gletscherlappen über Rickenbach. Der Bogeten bildete dabei ein Reliefhindernis. Dabei stiess Gletschereis bis an den Südhang des Stierenberges vor und drang ins Sagenbachtal ein. Schon Mühlberg (191o) erkannte richtig, dass der Maximaleisstand im Würm auf Höhe Buttenberg lag. Bohrungen in der Kiesgrube Buttenberg 653.28o/ 23o.23o 79o müM zeigen bis auf Bohrende 26,4m moränenartigen Habitus.

In der Zeit des 1. Maximalstadiums kam es zu einem beachtlichen Eiszusammenfluss zwischen diesem Suhrentallappen mit Eisströmen im Wynental (vgl. Kapitel 8). Eine Tiefbohrung im Gmeinwald im Wynental (vgl. Kapitel 8) deutet auf eine Fortsetzung der Rinne vom Moos in Richtung Gunzwil gegen das Wynental zu, hin.

Die Stirnmoräne von Rickenbach bildet einen inneren Wall des Maximalstandes. Eine Bohrung auf der Seitenmoräne von Grütholz 654.11o/228.48o 753,5 müM zeigt Moräne bis zum Fels auf 42,1m Tiefe.

Die Schmelzbäche dieses Gletscherarms zur Zeit des Maximalstandes entwässerten grösstenteils übers Sagenbachtal ins Wynental.

Der oberste Hangteil des Blasenberges bildet eine Mittelmoräne zwischen dem oben umschriebenen Seitenlappen und dem Lappen des oberen Wynentales.

Ein innerster Wall des Maximalstandes ist über Kagiswil-Locheten zu verfolgen, mit einem Gletschertor bei Gunzwil.

Auf der andern Suhrentalseite floss im Maximalstand Eis von der Nordostseite des Ruswilerberges und Gustibergwaldes an diversen Stellen ins Rottal hinüber (Buttisholz, Höhe Sigerswil).

Bei Sursee kam es durch den Molassezug Santenberg-Stockacher, bei dem an verschiedenen Stellen (bis nach St. Erhard) Fels aufgeschlossen ist, zu einer Abspaltung des Suhrentaleises nach Westen ins Wauwilermoos. Die Schwellenhöhe, die der Ron-Seitenlappen beim Eintritt ins Wauwilermoos überfliessen musste, ist nicht genau bekannt. Die Maximalstände dieses Rontallappens sind im Kapitel 6 beschrieben. Der nördliche maximale Eisstand am Santenberg bog damals im Cholirütiwald-Chätzigen ins Hürnbachtal ab. Leider ist vom ganzen Wauwilermoos keine Tiefeninformation vorhanden. Die beiden Stirnmoränen bei Seewagen und Hitzligen (Schlierenstadium) sind im Süden offen. Der äussere Moränenwall stösst im Norden bei der Strasse auf ca. 525 müM an Fels und lässt sich über Seerächen ins Uffikermoos (Stand bei Buchs) verfolgen. Der Innere zieht über St. Erhard nach Norden nach Knutwil.

Im Suhrental sind nördlich Sursee bis in grössere Tiefen sandige Ablagerungen vorherrschend, durchzogen (vor allem auf der Nordostseite des Tales) von kiesigen Partien. 3/11 651.3oo/225.5oo 5oo müM zeigt ab 2,5m Oberflächenablagerungen bis 8,7m sehr hart gelagerte Moräne, im Liegenden bis 13,7m eine Kiesschicht, darunter bis Bohrende auf 35,2m Feinsande.

Bei 3/12 651.121/225.678 498müM folgt unter 8,om Kies bereits Sand bis Bohrende 2o,om und bei 3/13 65o.784/225.948 495 müM, ebenfalls nach 8,om Kies bis 25,om häufig geschichteter Sand, (Seeablagerungen).

Bei 649.819/225.634 492 müM fehlt der Kies. Bis 11,4m wurden zuerst sandige Deltaablagerungen durchbohrt, im Liegenden eine Moräne (bis Bohrende 2o,om).

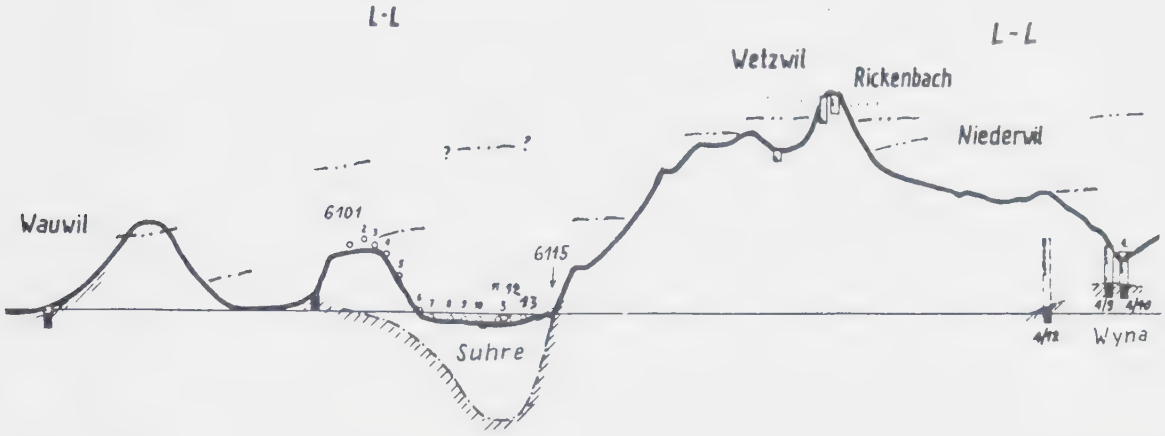
Bei Untersuchungen für die Suhrenkorrektion wurden von Galgenmüli über Sackmatt nach Schauberen in den 15m Bohraufschlüssen durchwegs feinkörnige, teils geschichtete Seeablagerungen gefunden.

Auch auf der andern Talseite, in der Gegend Zollhus 65o.88o/226.8oo 496 müM brachten die Bohrkerne bis 14,7m Endtiefe nur Sand (mit nur einem Meter Kies zwischen 7,omund 8,om Tiefe).

Die lockere Lagerung dieser oberflächennahen, geschichteten, feinkörnigen Sedimente zwischen Triengen und Sursee und die Ortsbezeichnungen Sursee, Geuensee weisen darauf hin, dass die Verlandung eines "Sursees" (ein Pendant zum Hallwilersee) erst in historischer Zeit erfolgte.

Im weiteren sind nur Aufschlüsse am Hang, die Moränen und Fels aufzeigen, vorhanden.

Interessant ist noch die Bohrung bei St. Erhard, 648.544/ 226.242 512 müM, die nach 4,4m Moräne den Fels aufschloss. Sie beweist, dass innerhalb der Knutwilermoräne (Schlierenstadium) der Fels oberflächennah folgt.



Einer mündlichen Aussage von Herrn Arnold (Verwalter des Mineralbades Knutwil) zufolge, fand man im 2om tiefen Schacht (Mineralwasserprospektion) beim Bad Knutwil 647.9oo/229.25o 492 müM, über praktisch die ganze Schachttiefe nur Lehm und im untersten Teil Moräne mit grossen Steinen. Dies weist darauf hin, dass der Fels auf der linken Talseite rasch absinkt.

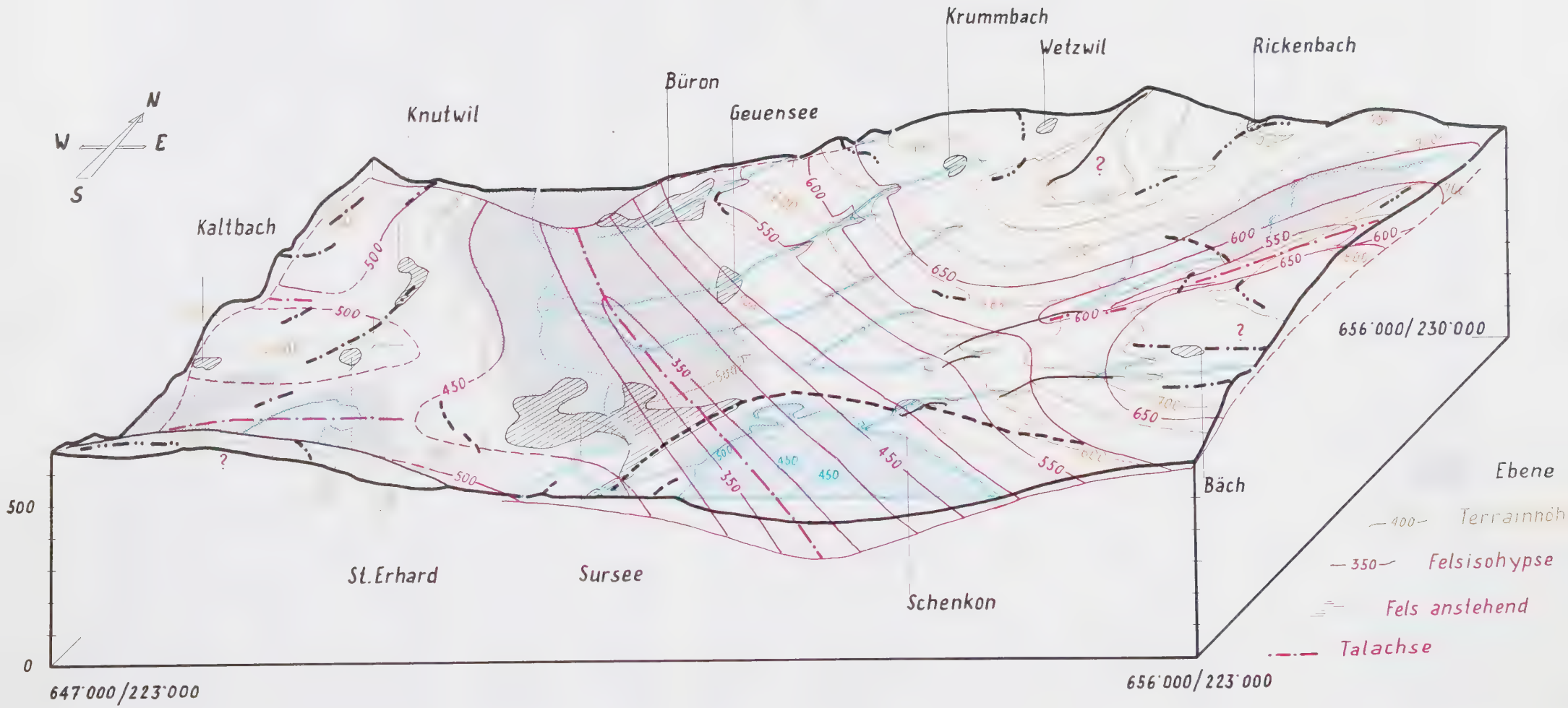
Auf der rechten Talseite steht der Fels bei der Kantonsstrasse bei Büron an.

Die gesamten Informationen benutzte ich zur Verarbeitung eines Blockdiagrammes über die Region Koordinaten 647.ooo bis 656.ooo und 223.ooo bis 23o.oo (vgl. nächste Seite).

Im Hürnbachtal reichte der Gletscher im 1. Würmmaximum bis über Dagmersellen (vgl. Kapitel 6). Zwei innere Wälle des Würm-Maximums bei Reckenbüel und Stutzfeld sind auch durch Bohrungen dokumentiert. Bei 642.333/228.588 5o1,5 müM ist nach 3,7m siltiger Deckschicht Moräne bis Bohrende auf 15,1m, bei 642.999/ 228.699 5o6 müM Moräne über die ganze Bohrlänge von 15,6m sondiert worden. Bohrungen auf den Fels (zwischen dem Maximalstand bei Dagmersellen und dem Schlierenstadium bei Buchs) östlich von Uffikon zeigten bis auf grössere Tiefe nur feinkörnige Ablagerungen. Bei 644.42o/228.7oo 498 müM sind bis 11,5m Torf und Seekreide, darunter mächtige tonige Silte (Seebodenlehme) bis 41,om, und bis Bohrende auf 45,om Sand, (in dem artesisch gespanntes Grundwasser zirkuliert) nachgewiesen.

Bei 644.381/228.746 5oo müM fand man die feinkörnigen Ablagerungen bis 35,om Tiefe, darunter bis 38,om Sand, bis 39,om eine dünne, aber fest gelagerte Moräne und zuletzt Fels. Küttel (1983) hat diese Bohrung pollenanalytisch untersucht und in rund 9m Tiefe Beginn Bölling (ca. 13.ooo yBP), darunter Aelteste Dryas (älter als ca. 13.ooo yBP) festgestellt. Nicht gefunden wurden Sequenzen, die als Mittelwürm- oder Frühwürm-Interstadiale gedeutet werden könnten. Er schliesst daraus, dass die Stirnmoräne im Maximalstadium im Hochwürm, d.h. vor rund 25.ooo yBP gebildet wurde.

Blockdiagramm Suhrental 2.5 fach überhöht



Die mehrlagigen, gestaffelten Moränenwälle an der Ostflanke des Chrüzberges, die markant vom Suhrental ins Uffikermoos einbiegen, gehören oben zum Maximal-, unten zum Schlierenstadium. Infolge der Mehrlagigkeit werden wahrscheinlich (noch nicht durch Bohrungen dokumentierte) mächtige Abfolgen von Moränen und evt. Schottern vorhanden sein. Beim maximalen Eisstand entwässerten sich die Schmelzbäche über das Uerketal.

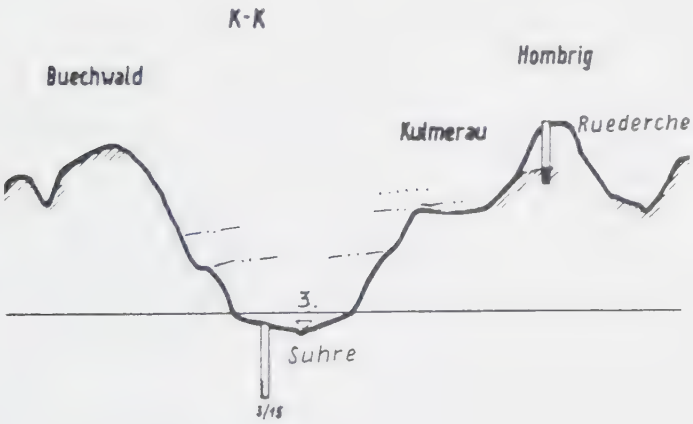
Auf der andern Suhrentalseite sind die Eisstände des 1. Würmmaximums auf der Höhe oberhalb Wetzwil und Schlierbach. Der Gletscher stand am Höchweidwald und Buttenberg und entwässerte übers Sagenbachtal, resp. von der Höhe Schiltwald übers Ruederchetal.

Beidseitig des Tales lassen sich die inneren Moränenzüge des Maximalstadiums gut bis nach Staffelbach verfolgen. Die Stirnmoränenwälle südlich Staffelbach markieren die Maximalstadien im Suhrental.

Zwischen den Stirnmoränen von Staffelbach und jener von Wilihof-Triengen (Schlierenstadium) biegen noch einige Seitenmoränen leicht zum Tal zu ein, (Winikon, Reitnau, Attelwil) die kleinere Pendelbewegungen des Gletschers dokumentieren.

Bei Triengen, ausserhalb der Moräne, 648.22o/232.o2o 513 müM ist viel Kies vorhanden,(randglaziale Entwässerung). Bis 17,om erbohrte man Kies, bis 18,5m eine Moräne, bis 23,5m Kies, bis 3o,om eine sandige Seeablagerung, bis 32,3m nochmals kiesige Schotter, unterlagert bis Bohrende auf 34,om von Moräne.

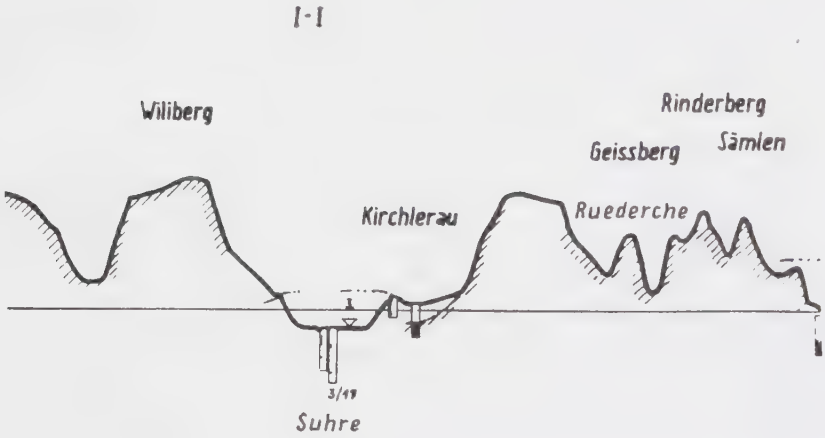
In der Talachse sind einige tiefe Bohrungen vorhanden.



Eine für die Wasserversorgung Reitnau 3/15 646.75o/233.o15 482 müM abgeteufte loom-Bohrung zeigte bis 9,om Sand, von 9,om - 47,2m geschichtete Silte, von 47,2m - 54,2m Sande mit Kies (mit wenig artesisch gespanntem Wasser), von 54,2m - 72,5m geschichteter toniger Silt (Seeablagerung), von 72,5m bis 81,3m eine Moräne, unterlagert von 2,om sauberem Grobsand (wasserführend, darunter von 83,3m bis loo,om eine mächtige Moräne. Als ich von dieser Kernbohrung hörte, holte ich beim Geologen und bei der Gemeinde die Bewilligung für Bohrkernentnahme für Pollenanalysen ein. Als alle Bestätigungen vorlagen, mussten wir mit Bedauern feststellen, dass das gesamte Bohrgut bereits in der Mülldeponie lag. Es sind dadurch mögliche wertvolle chronostratigraphische Resultate verloren gegangen.

3/16 646.900/234.200 478 müM, eine Rotarybohrung zeigt feinkörnige Ablagerungen bis 81,om, dann o,5m fraglichen Fels.

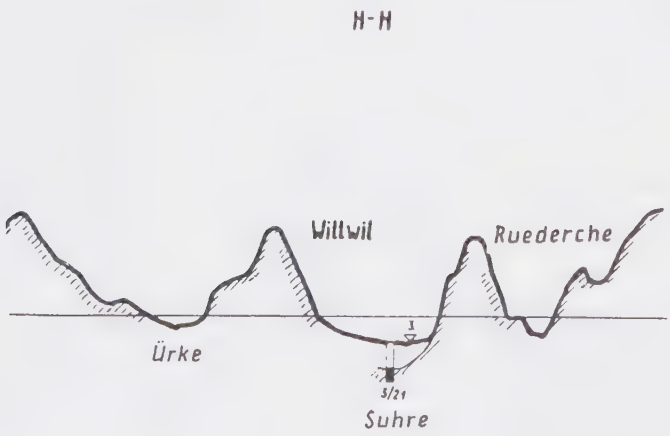
Die intramoränen Bohrungen südlich Staffelbach zeigen, wie Moränen gegen die Stirn zu ansteigen. 3/17 646.350/235.550 476müM brachte zuoberst 18,om siltige Seeablagerungen, bis 24,om eine Moräne, darunter eine wechselnde Abfolge von meist sandigen, (sogar teils geschichtet) kiesigen Ablagerungen, die als verschwemmtes Moränematerial taxiert wurden, bis Endbohrtiefe von 72,om.



Die 58,om tiefe Bohrung 3/18 646.250/236.025 475 müM brachte bereits nach 8,om Seebodenlehmen die hart gelagerte Moräne (bis 24,5m), darunter bis 42,om verschwemmtes Moränematerial, unterlagert bis 54,om von Kiesen und bis Bohrende kompakter, toniger Silt, unbekannten Alters.

Die an der Oberfläche vorhandenen Seebodenlehme dieser Aufschlüsse zeigen, dass auch an der Stirnmoräne von Staffelbach ein See gestaut war, der sich bei der Mühle einen Abfluss geschaffen hat.

Extramorän folgt der markante Wechsel auf Niederterrassenschotter. Diese werden in diversen Gruben abgebaut.



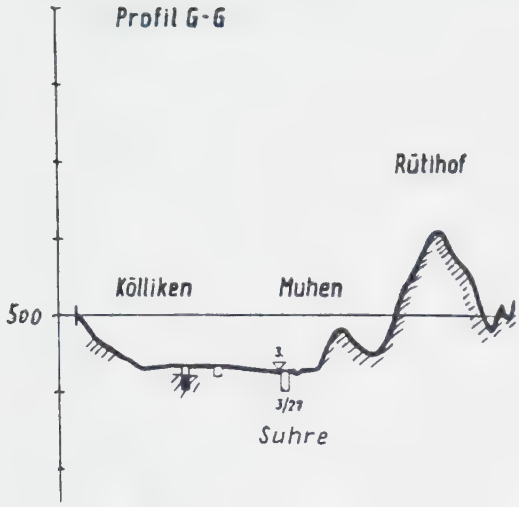
Die Schottermächtigkeit über dem Fels beträgt bei:
3/20 646.530/237.450 ca.475müM 55,6m

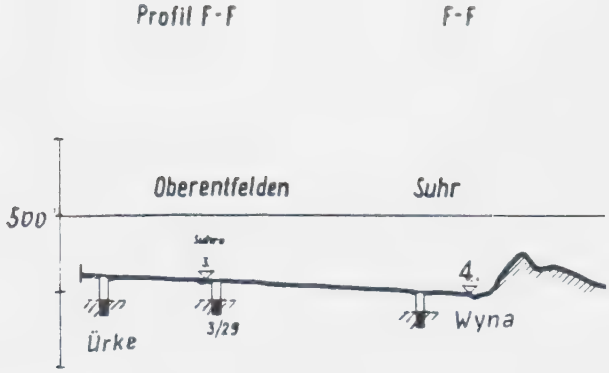
3/21 645.810/238.260 461 müM 32,2m

3/22 645.800/238.600 460 müM 46,8m

auf der Höhe Holziken bei
3/25 645.960/241.800 439 müM 39,8m

3/26 645.880/242.460 434 müM 37,2m.

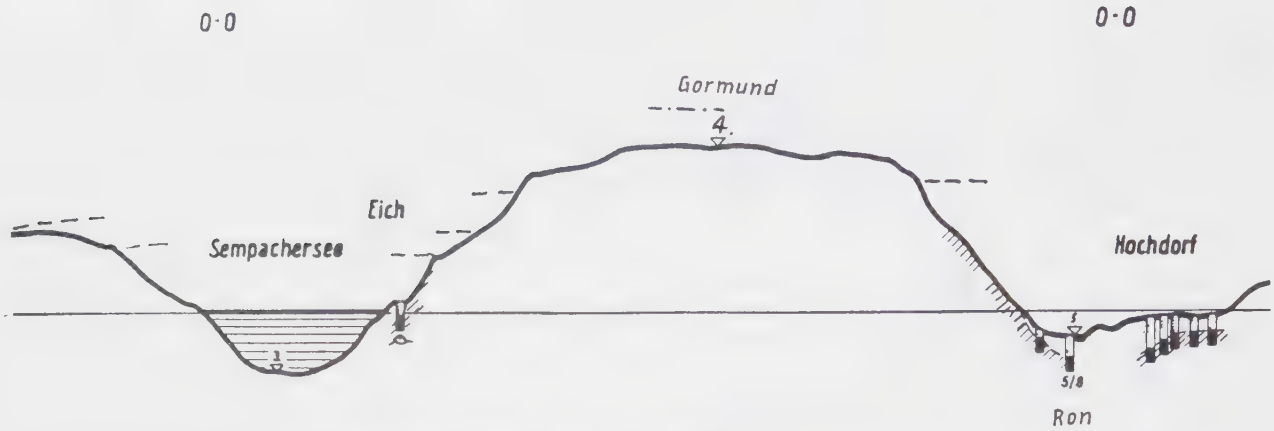


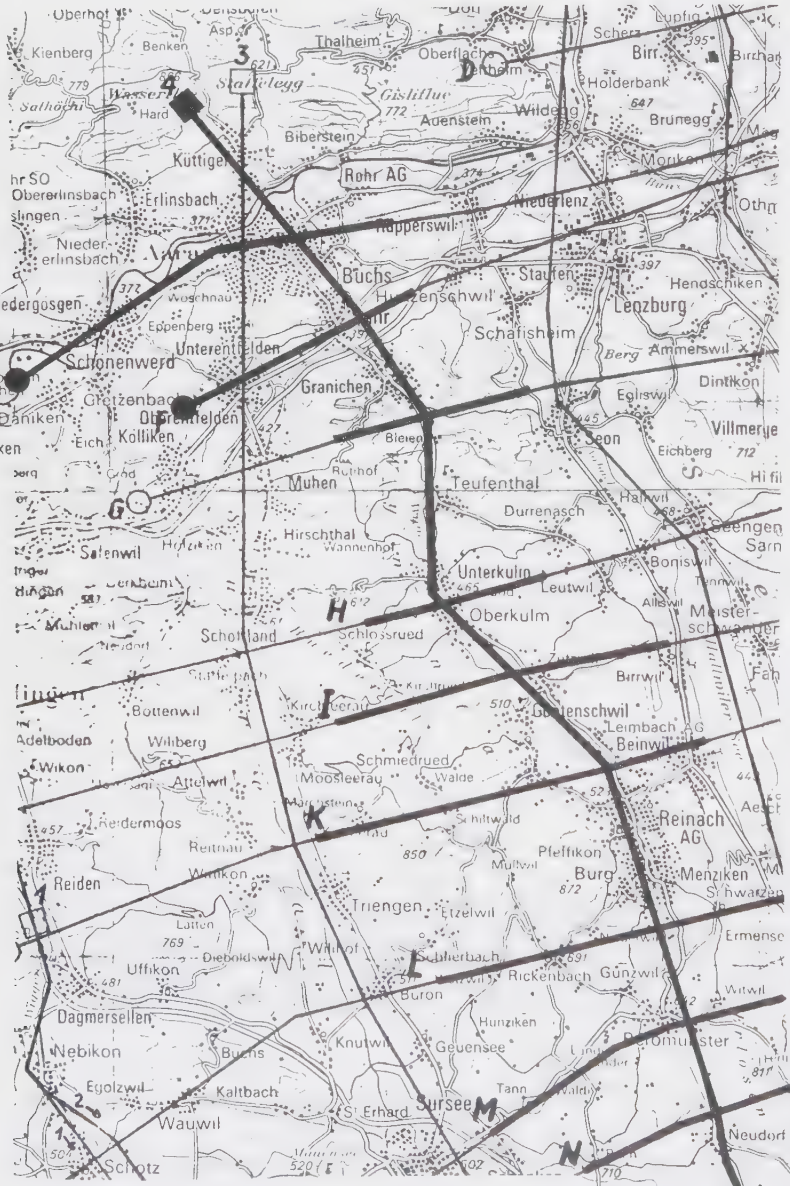


Wie die Profile G-G und F-F aufzeigen, verändert sich die Situation in der Gegend Muhen, Oberentfelden, Suhr nicht.

Bei Suhr vermischen sich Suhren- und Wynen-Niederterrassenschotter und nach dem Durchgang zwischen Gönert und Oberholz vereinigen sie sich mit Aareschottern.

8. Das Wynental, inkl. der Transfluenz bei Reinach aus dem Seetal



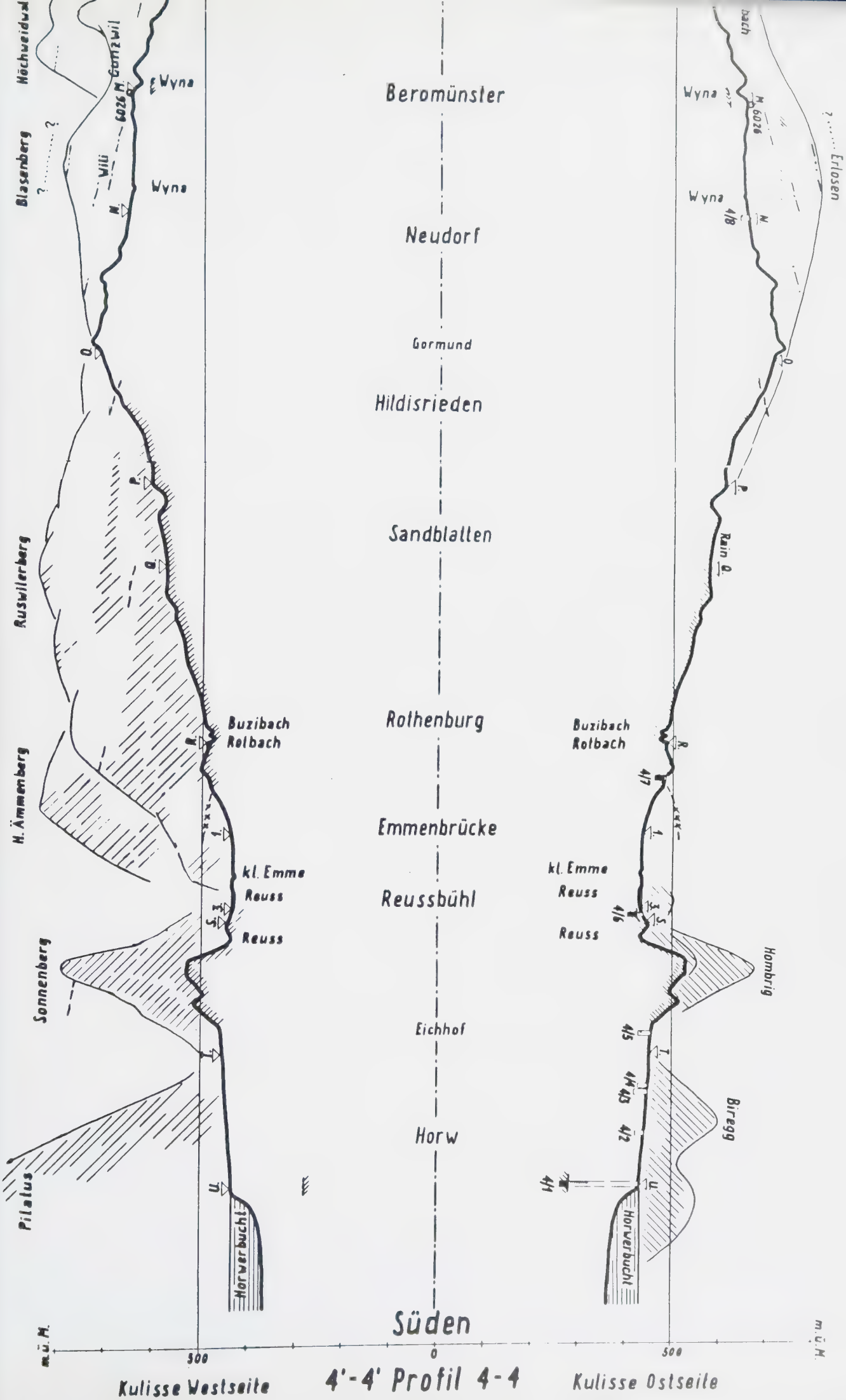


Kartenausschnitt 1:200.000, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 28. Juni 1982

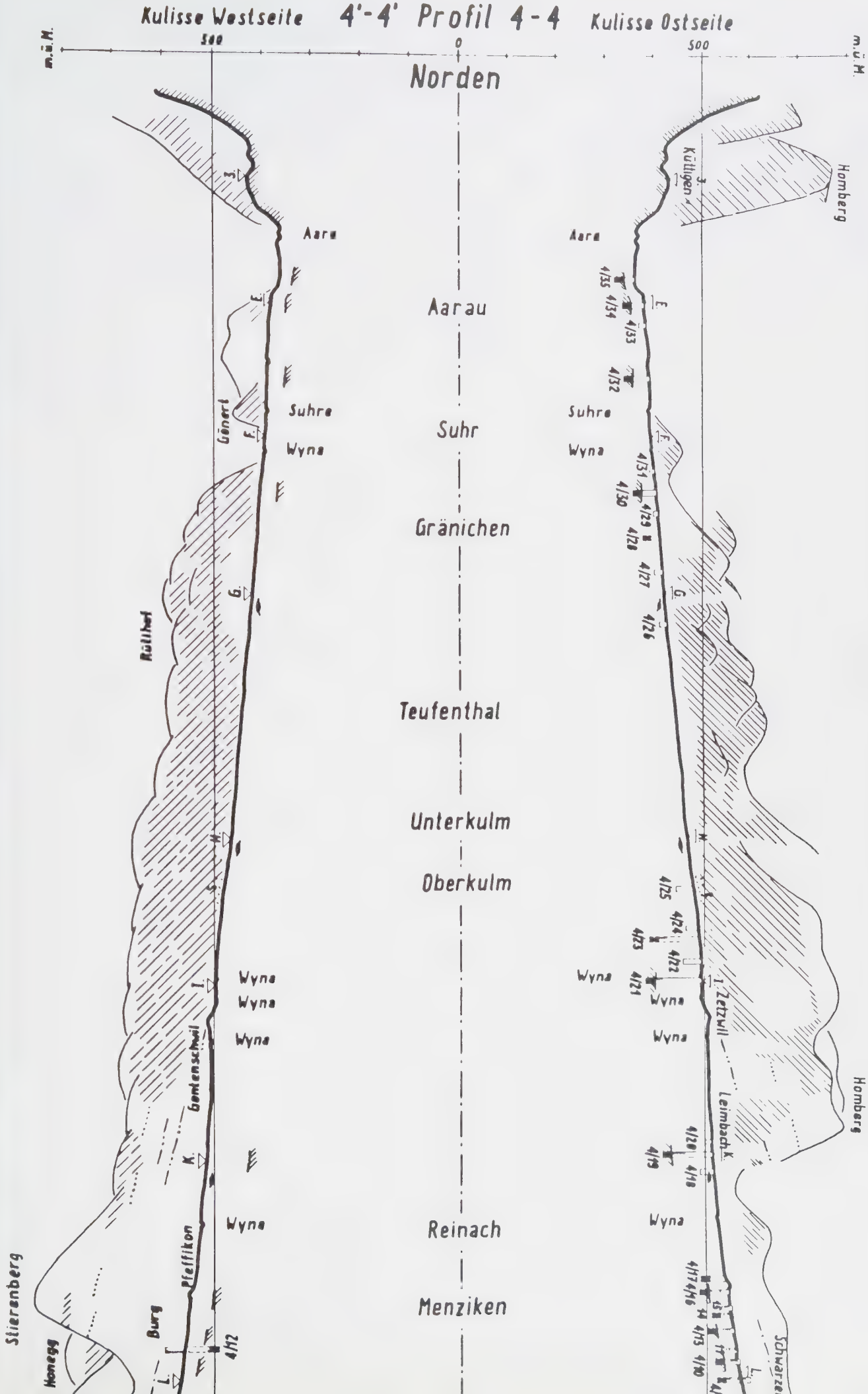
Ein mächtiger "Pfeiler" nördlich Luzern, zwischen Rothenburg und Hildisrieden, in Form eines Hügelzuges aus oberer Süsswassermolasse, versperrte dem sich aufbauenden Eis lange den Weg ins Wynental. In der Zwischenzeit war Eis bereits ins westliche Suhren-,resp. östliche Seetal eingeflossen.

Da die Moränenzüge bei Hildisrieden Zürichstadium markieren, ergibt sich, dass zu dieser Zeit das Michelsamt (Beromünster) schon eisfrei war, evt. abgesehen von Toteis im Zungenbecken von Neudorf-Beromünster.

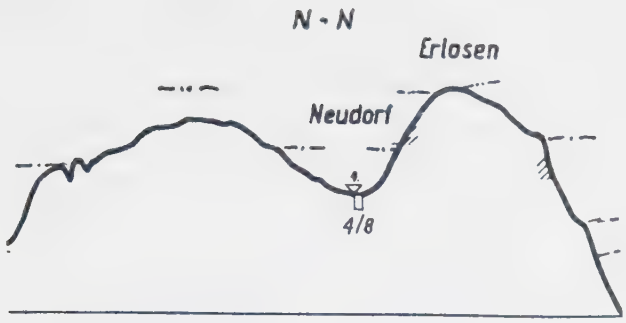
Aus den Längenprofilen 4-4 in dem die östliche und 4'-4' in dem die westliche Kulisse gezeichnet ist, ersieht man, dass das Tal ab Gormund bis Beromünster leicht, zwischen Beromünster und Menziken steiler, zwischen Reinach und Oberkulm sanft und nachher gleichmässig gegen Suhr zu absinkt.


Höchweidwal
Gonzwil
Wyna
Blasenberg
Wili
Wyna
Beromünster
Neudorf
Gormund
Hildisrieden
Sandblatten
Ruswilerberg
Buzibach
Rotbach
Rothenburg
H. Ämmenberg
Emmenbrücke
kl. Emme
Reuss
Reuss
Reussbühl
Sonnenberg
Eichhof
Horw
Pilatus
Horwerbucht
Süden
m.ü.M.
500
0
500
m.ü.M.
Wyna
Wyna
Erlosen
Rain
Buzibach
Rotbach
kl. Emme
Reuss
Reuss
Hombrig
Biregg
Horwerbucht
Kulisse Westseite
Kulisse Ostseite

4'-4' Profil 4-4

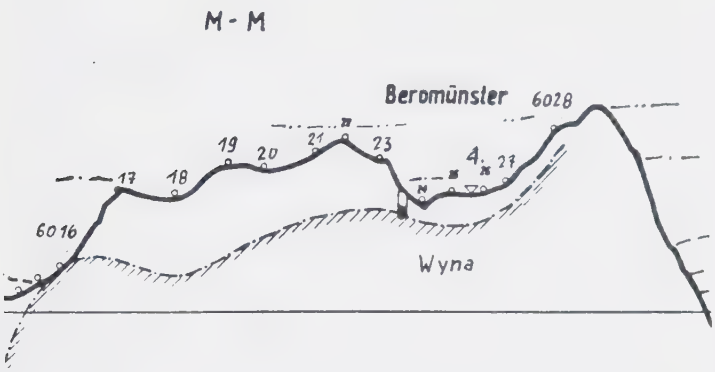


Kulisse Westseite
4'-4' Profil 4-4
Kulisse Ostseite
m.ü.M.
500
0
500
m.ü.M.
Norden
Aarau
Suhr
Gränichen
Teufenthal
Unterkulm
Oberkulm
Reinach
Menziken
Aare
Suhre
Wyna
Gönert
Rüthel
Gentenschwil
Pfeffikon
Burg
Honegg
Stierenberg
Küttigen
Homberg
Zetzwil
Leimbach
Schwarze
4/35
4/34
4/33
4/32
4/31
4/30
4/29
4/28
4/27
4/26
4/25
4/24
4/23
4/22
4/21
4/20
4/19
4/18
4/17
4/16
4/13
4/10
4/12



Im ganzen oberen Wynental sind nur sehr wenig Bohrinformationen vorhanden. Bei Neudorf quert ein Wall des Zürichstadiums das oberste Wynental. Ein Bohraufschluss ausserhalb dieser Moräne stammt vom Filterbrunnen Paradiesli 4/8 658.31o/226.15o 661 müM. Nach 2,om Lehm folgt bis 7,7m Kies (Flussschotter), bis 17,2m sandige Seesedimente, darunter bis zur Brunnenbasis auf 18,2m Moräne.

Im Wiholz in der Nähe des Flugplatzes Beromünster bei 657.62o/226.9oo 651 müM erbohrte man den Fels auf 47,5m Tiefe. Bis 18,5m fand man meist sandigen Bachschutt aus verschwemmter Moräne, darunter bis zum Fels eine hart bis sehr hart gelagerte Moräne.



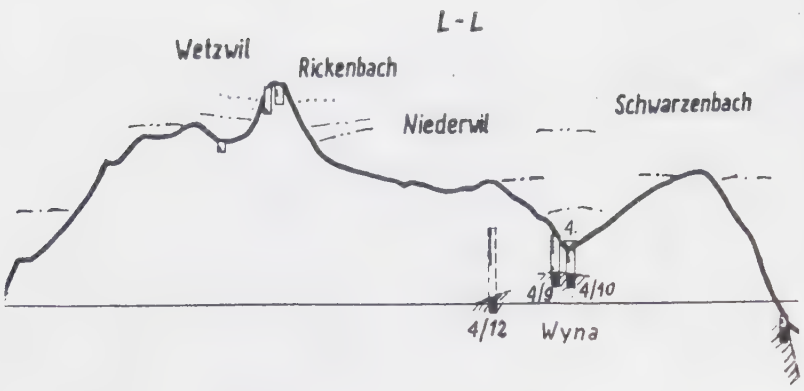
Auch vom Raum Beromünster existieren nur wenig Bohrunterlagen.

Bei der Erstellung des Filterbrunnens im Jahre 1947, beim Durchbruch der Wyna durch die Stirnmoräne von Beromünster (Schlierenstadium?), 656.94o/227.74o 646 müM, fand man bis 4,om tonigen Silt, bis 15,om siltigen Kiessand, darunter eine harte, undurchlässige Schicht (Moräne?) bis 16,om.

Im Filterbrunnen aus dem Jahr 1959, 656.7oo/228.27o 667 müM wurde von om - 5,om siltiges Material und bis 12,2m Kies entnommen. Darunter ist man auf Moräne bis 13,6m gestossen, gefolgt von Fels.

Die geophysikalischen Messungen dritter Priorität deuten darauf hin, dass bei Beromünster der Fels in geringer Tiefe folgt. Die Felsschwelle (von etlichen Metern Lockergestein bedeckt) störte ein hindernisloses Abfliessen des Eises gegen Norden.

Im Wynental nördlich Beromünster dagegen sind tiefe Bohrsondierungen vorhanden, die ein besseres Verständnis der Region ermöglichen.



Eine Bohrung am Wallende beim Gmeinwald, 4/12 656.o1o/231.45o 6o3 müM, die ins Längenprofil hinein projiziert wurde, zeigt bis 51,om Tiefe Moräne, bis 61,om Kies, bis 72,om Schichten von Silt und Kies, darunter bis 79,om locker gelagerte Kies-Sande, bis 9o,om verschwemmte Moräne mit Sandzwischenlagen und dann (513 müM) den Fels.

Diese Bohrung verdeutlicht, dass eine Rinne, die vom Moos ins Wynental hinüberzieht, wahrscheinlich ist (genaue Lage und Form heute noch unbekannt).

Auch in der Kiesgrube 656.2oo/231.4oo ist Moräne, darunter Flussschotter zu erkennen.

Vom Raum Menziken-Reinach sind aus den vielen Unterlagen die wichtigsten zitiert:

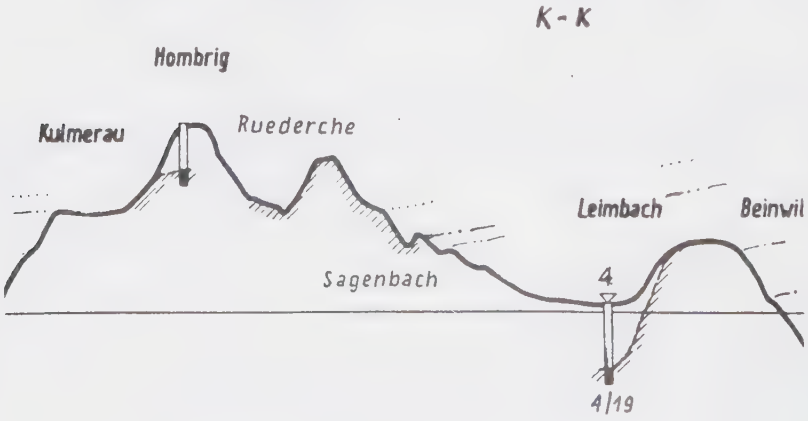
Bei 4/9 656.92o/23o.85o 591 müM, in der Talachse, fand man bis 5,om Moräne, bis 11,om eine sandige Zwischenlage, bis 26,om eine mittlere Moräne, bis 35,5m Sand, bis 4o,om Kies, bis 48,5m eine dritte Moräne, unterlagert von Fels.

Auch bei 4/1o 657.ooo/231.22o 569 müM lokalisierte man den Fels erst in 3o,om Tiefe und es wurden drei voneinander durch Sand und Kies getrennte Moränen durchfahren.

Bei Usserdorf zieht ein Moränewall gegen die Wyna zu. Im Zusammenhang mit einem Projekt Seetalbahnverlegung wurde direkt auf dem Wall, bei 657.91o/231.872 634 müM nach 5,om siltigem Gehängelehm bis 16,2m Moräne durchbohrt, unterlagert von Fels.

Nördlich von 4/11 wurden bei 4/13 656.8oo/231.81o 559 müM nur noch zwei Moränen bis zum Fels erbohrt. Man fand die Schichtabfolge: om - 12,om Kies, 12,om - 28,om fest gelagerte Moräne, 28,om - 34,om Kies, 34,om bis zum Fels in 38,om die untere Moräne.

Auch 4/16 656.72o/232.64o 546 müM zeigt bis 19,5m eine obere Moräne, bis 33,om feinsandig bis siltige Seeablagerungen, darunter bis zum Fels auf 42,om eine untere Moräne.



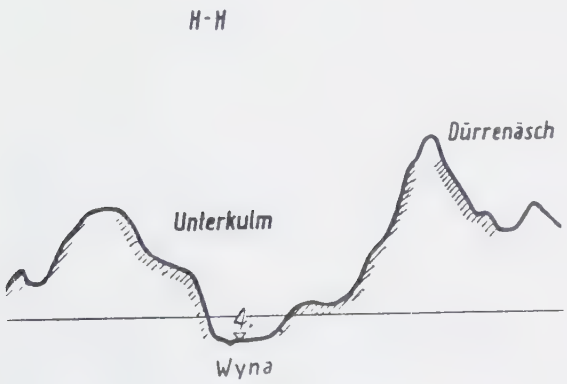
Das Bohrprofil 4/19 bei Leimbach, 655.74o/235.2oo 516 müM, zeigt, dass der Fels nochmals übertieft ist, indem er erst in 86,om Tiefe auf Kote 43o müM folgt. Zuerst wurde bei der Bohrung 4,5m Torf, bis 8,om Kies, bis 58,om toniger Silt, darunter Moräne bis zum Fels gefunden.

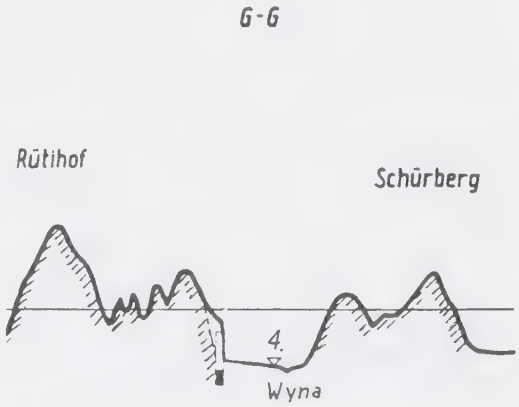
Für die Zetzwiler Wasserversorgung wurde beim Erstellen des Filterbrunnens bei 652.74o/237.78o 493,5 müM, 1,2km nordwestlich des Zetzwiler-Walles, bis 18,om Moräne, bis 33,5m Kiese mit grossen Steinen und darunter ein abrupter Wechsel zu Seebodenlehm bis auf Endtiefe von 4o,om gefunden.

Andere Ergebnisse aus Rotarybohrungen in dieser Umgebung zeigen den Fels erst auf grosser Tiefe; so z.B. 4/21 653.13o/237.63o 495,55 müM: teils sehr hart gelagerte Kiese (Moräne?) bis auf 29,om, darunter bis auf ca. 9o,om graue siltige Seeablagerungen, unterlagert von härterem Material bis zum Fels auf 96,4m.

Auch 4/23 652.59o/238.38o 495 müM gibt ein ähnliches Bild, indem bis auf 36,om Tiefe Kiese, teils verkittet (Moräne?), mächtige, weiche Lehmpartien bis ca. 74,om, hart gelagerter Lehm mit Steinen (Moräne?) bis 84,6m und darunter Fels folgen.

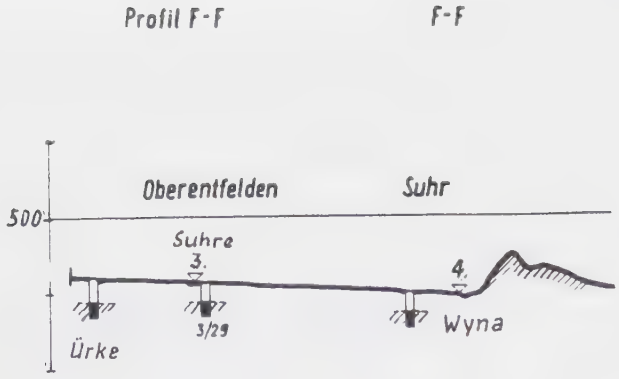
Auch die wenigen Aussagen vom im Jahr 1949 erstellten Filterbrunnen Oberkulm 4/25 651.7oo/238.85o 479 müM sind informativ. Leider fehlt die Angabe für das erbohrte Material bis 29,om, doch entnahm man von 29,om - 31,om Kies locker gelagert, von 31,om - 33,5m Kies hart gelagert mit Steinen (Moräne?),darunter bis zum Fuss des Brunnens auf 39,om blaugrauen Lehm.



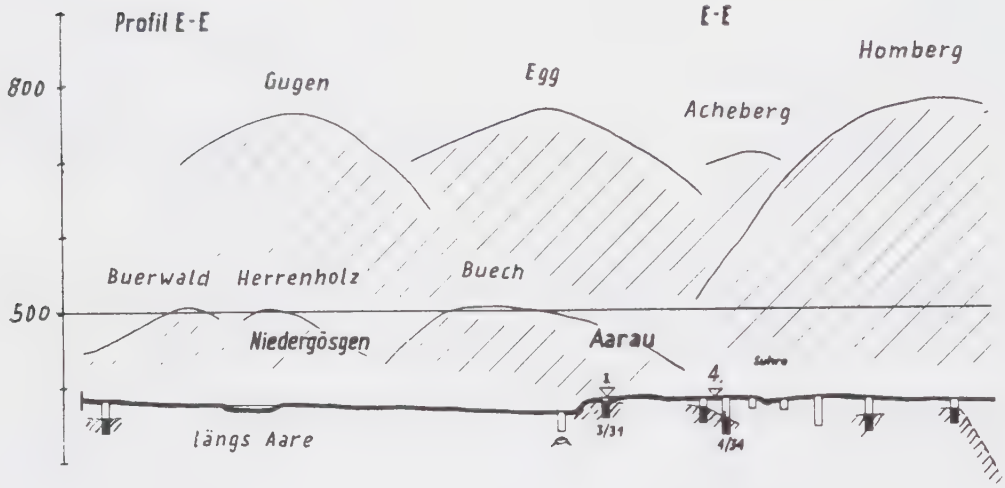


In der Gegend zwischen Oberkulm und Gränichen fand ich keine Unterlagen.

Das Tal ist bei Gränichen mit typischen Niederterrassenschottern aufgefüllt, wie 4/3o 649.5oo/246.15o 4o5,5 müM beweist. (1,om lehmige Deckschicht, Niederterrassenschotter bis 3o,2m, unterlagert von Fels).



Aus den Profilen F-F und E-E ist die Situation beim Zusammenfluss Wyna-Suhre und nördlich davon ersichtlich.



4/32 648.39o/248.445 382 müM bei Buchs beinhaltet bis 31,8m meist sauberen Kies, (mit einer Sandlinse zwischen 17,5m - 2o,1m), darunter Sand mit Kies, fest gelagert bis zum Fels auf 35,5m.

Bei Aarau steht in der Altstadt Fels an. Oestlich der Stadt findet man unter Schottern Moräne (Riss). Als Beispiel sei 4/34 647.45o/249.42o 382 müM erwähnt, bei dem unter 19,5m mächtigen Kiesen bis zum Fels auf 29,6m eine z.T. hart gelagerte Moräne angetroffen wurde.

Gesamthaft gesehen ist die Region zwischen Beromünster und Zetzwil im Wynental sehr interessant und soll hier noch detaillierter umschrieben werden.

Die rechte Wynentalseite wird von den Molassehügeln Erlosen und Homberg, die Linke vom Blasenberg und Stierenberg begrenzt.

Auf der rechten Talseite fällt die nördliche Fortsetzung der Erlosen gegen Reinach ab. Nach der "tiefen" Talverbindung Seetal-Wynental, zwischen Beinwil und Reinach (ca. 56o müM) stellt

sich eine Relieferhöhung vom Homberg bis auf die Höhe von 7o9 müM ein.

Anders sieht es in diesem Abschnitt auf der linken Talseite aus. Nördlich des Blosenberges (8o2 müM) gibt es einen Uebergang vom Suhren- ins Wynental (Gunzwil). Weiter gegen Norden bildet der Stierenberg die linksseitige Flanke (vgl. Kulissen der Tallängsprofile).

Im 1. Maximalstadium lagen die Erlosen, wie der Blosenberg unter Eis. Am Blosenberg kam es zu einer Nahtstelle zwischen dem Wynentalast und dem Seitenlappen des Suhrentalarmes. Auf der Stierenbergostseite reichte das Eis bis max. 75o müM, auf der andern Talseite am Hombergsüdhang bis auf ca. 7oo müM. Verlängert man wynentalabwärts, ein mit den Nachbartälern vergleichbares "normales" Eisgefälle berücksichtigend, die Eisrandlage, so stirnte der Gletscher im 1. Maximalstadium in der Region Oberkulm. Wie in den Nachbartälern hat dieser kurzfristige 1. Maximalvorstoss keine markanten Moränenwälle hinterlassen.

Auf diese Weise lassen sich die grossen Findlinge in Kiesgruben talabwärts von Zetzwil (die nicht fluviatil transportiert wurden) und die Bohrergebnisse 4/21 bis 4/23, die ein zugeschottertes Zungenbecken verdeutlichen, erklären.

Beim Eisaufbau bis zum Maximalstand kam es im Gebiet Beromünster bis Reinach zu Eiskonfluenzen aus verschiedenen Richtungen. Zum Eisstrom von Süden her aus dem oberen Wynental gesellte sich der Seitenarm des Suhrentallappens, der übers Moos nach Nordosten floss (vgl. Kapitel 7). Vom Seetal her floss zuerst Eis über Beinwil, beim Maximalstand auch über den nördlichen Erlosenausläufer ins Wynental.

Dies führte zu einer komplexen Situation in dieser Region. Die detaillierte Gletscherentwicklung und die einzelnen Abflussverhältnisse in den verschiedenen Rückzugsstadien sind noch nicht vollständig geklärt.

Im Maximalstadium stirnte das Eis bei Zetzwil. Dabei bildeten sich die markanten Moränenwälle, die man auf der rechten Talseite über den Südhang ins Seetal (Seetalseitenarm, der ins Wynental eindrang und sich ausbreitete) und auf der linken Seite über Gontenschwil, den Osthang des Stierenberges über Burg und jenseits des Rickenbaches über die Gmeinweid in Richtung Gunzwil verfolgen kann. Es wird auf Grund der Moränenlagen deutlich, dass damals dem Wynentaleis noch beträchtlich Eis vom Suhrental-Mooslappen (bei Niederwil und Gunzwil) zufloss, dessen Ablagerungen den Wynalauf gegen Osten zwangen. Erst in der Zeit zwischen Maximal- und Schlierenstadium kam es zur Trennung der beiden Eisströme.

Zwischen Menziken und Reinach quert ein in der Mitte offener Moränenwall das Tal. Auf der westlichen Talseite endet der Wall beim Erreichen des Talgrundes zwischen Eichbüel und Pfeffikon. Auf der östlichen Talseite lässt er sich über Weiermatt verfolgen.

Ein innerer Wall bei Usserdorf ist in der Mitte ebenfalls offen. Er kann auf der linken Talseite über Aemmet, auf der rechten Seite gegen die Erlosen weiterverfolgt werden. Es handelt sich dabei um Rückzugsstaffeln, die zwischen Maximal- und Schlierenstadium gebildet wurden.

9. Das Seetal

Der Seetallappen des Reussgletschers ist der östlichste Arm, (ein ganzes Tal einnehmend), der sich über den Schlüsselpunkt der Region Luzern aufbaute. Er ist zudem der Mächtigste.

Beim Vordringen nach Norden fand das Eis nach Ueberqueren der Barriere bei Luzern,an der Felsschwelle zwischen Erlosen und Lindenberg den niedrigsten Eingang aller bereits beschriebenen Täler, indem der tiefste Felsübergang zwischen Eschenbach und Ballwil unter 5oo müM liegt.

Die morphologische Situation lässt sich im Seetal einfach beschreiben. Auf beiden Talseiten verlaufen parallel zur Achse Molasserücken, an denen die Seitenmoränen deutlich erkennbar sind. Lücken in diesen Molasserücken ermöglichten dem Seetallappen an zwei Stellen ein seitliches Abfliessen, nämlich bei Beinwil zwischen Erlosen und Homberg ins Wynental (vgl. Kapitel 8) und bei Fahrwangen-Sarmenstorf zwischen Lindenberg und Tannwald in Richtung Bünztal (vgl. Kapitel lo.2).

Wie weit der Seetalarm im 1. Maximalstadium nach Norden vorstiess, ist nicht genau bekannt. Auf jeden Fall stirnte der Gletscher damals südlich Schafisheim. Zu der Zeit war die Erlosen unter Eis, der Lindenberg jedoch Nunataker.

Die Stirnmoränenwälle im Seetal lassen sich eindeutig zuordnen: Maximalstadium bei Seon, Schlierenstadium bei Boniswil-Seengen und Zürichstadium bei Hitzkirch. Vom Herrenberg (südlich Ermensee) via Grosshübel verläuft ein äusserer, in der Mitte offener Wall südlich an Hitzkirch vorbei. Reste eines inneren Walles finden sich bei der Ruine Grüenenberg.

Das Längsprofil auf der übernächsten Seite zeigt an Hand der in den Kulissen eingezeichneten Seitenmoränen die Eisstände in den drei Stadien. Dabei wird aus der Lage der ungestörten Abfolge der Seitenmoränen am Erlosen und Lindenberg deutlich, dass je-

dem Stadium mehrere Einzelwälle zuzuordnen sind. Vor allem die inneren Staffeln des Zürichstadiums lassen sich auf beiden Talseiten gut verfolgen.

Im Maximalstadium waren Erlosen und Lindenberg Nunataker.

Wie der Kartenausschnitt mit den eingetragenen Bohrergebnissen "Reusstal bei Emmen, inkl. Gegend Eschenbach" (vgl. Seite 22) illustriert, ist in der Drumlinlandschaft bei Eschenbach der Untergrund detailliert abgetastet worden. Die Bohrergebnisse von 5/3, 5/4 und 5/5(und einiger weiterer der Umgebung)sind aus der Karte ersichtlich. Der Aufschluss 5/6 bei Ballwil 665.585/222.64o 5o4 müM zeigt ein ähnliches Bild (wie bei Eschenbach), nur dass der Schotter zwischen den beiden Moränen weniger mächtig ist (om - 1o,om Moräne, 1o,om - 15,5m Schotter, 15,5m - 17,om Moräne, darunter Fels). Eine Rotationskernbohrung bei 666.32o/223.25o 512 müM enthält zuerst 16,5m Moräne, z.T. hart gelagerte Schotter bis 39,om, gefolgt von Moräne bis 4o,5m, dann Fels.

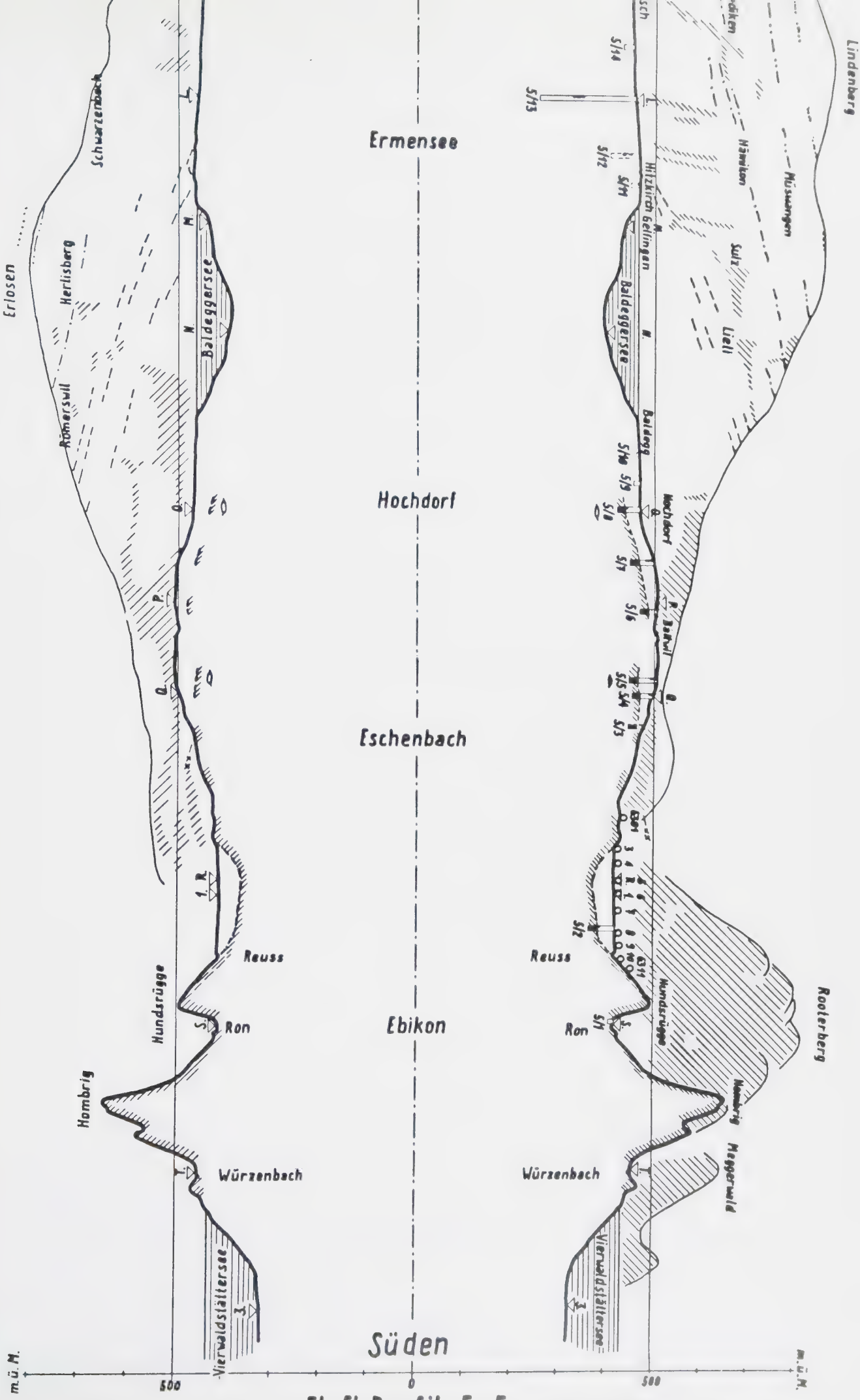
Eine alte Bohrung, 5/7 664.835/223.34o ca. 5oo müM brachte eine ähnliche Abfolge Moräne - Kies - Moräne bis zum Fels auf 32,om.

Zwischen Hochdorf und Unteräbersol sind 1964 mehrere tiefere Untersuchungen bis zum Fels erfolgt. Die Ergebnisse sind alle ungefähr analog, indem oben einige Meter Sand, dann eine ca. 1o - 15m starke Moräne folgen. Darunter fand man bei den Bohrungen in der Nähe Hochdorf nochmals eine ca. 1om mächtige Kiesschicht, die gegen Unteräbersol zu ständig an Mächtigkeit abnimmt. Bei allen Aufschlüssen ist eine 1m - 3m starke Moräne, gefolgt von Fels vorhanden. Die Lockergesteinsmächtigkeit nimmt von 39,om bei Hochdorf laufend ab und beträgt bei Unteräbersol nur noch 2o,om.

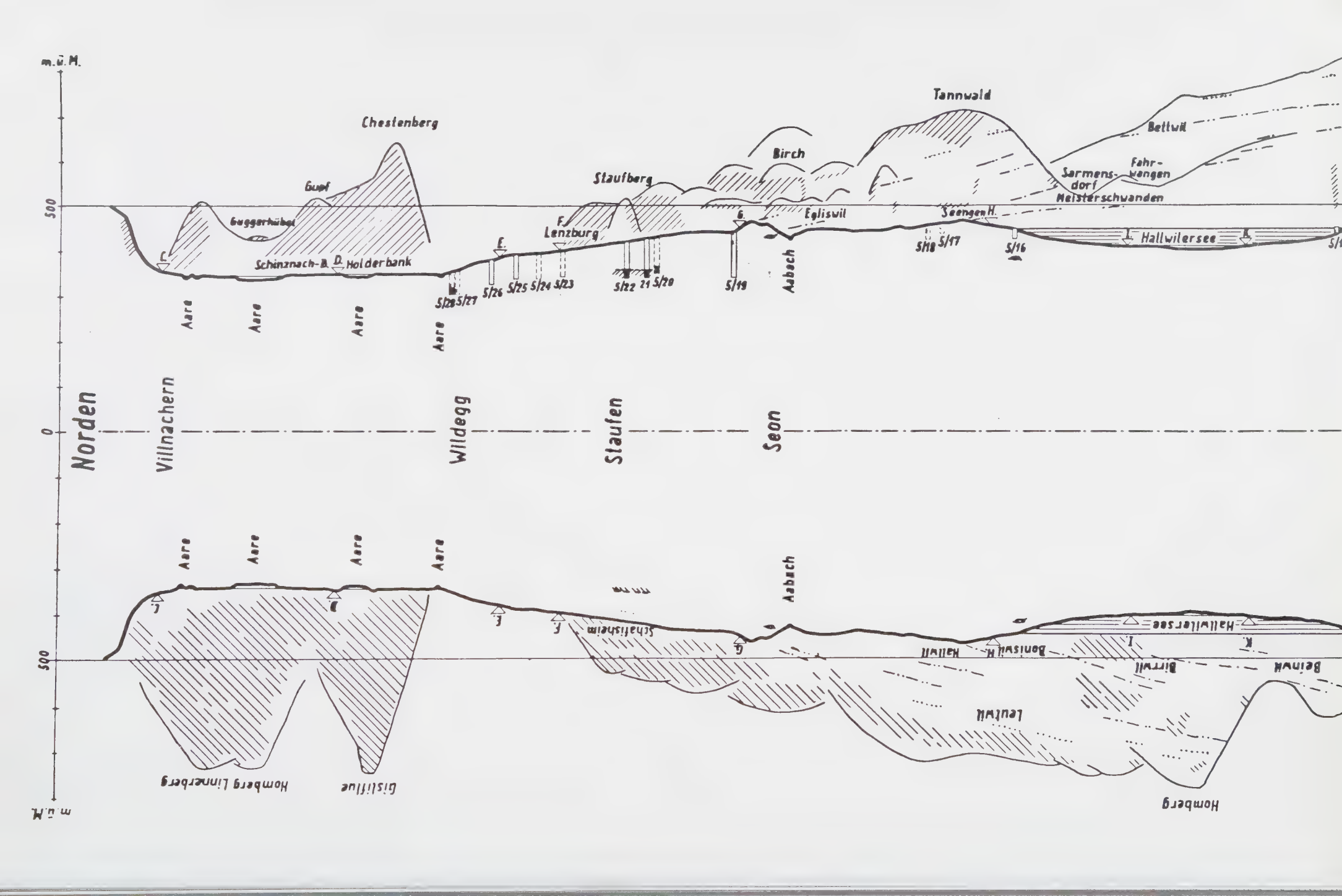
Die Entstehungszeit der Eschenbacherschotter ist an Hand der Bohrungen nicht ersichtlich und kann auf diesem Wege somit nicht eruiert werden. Die Mächtigkeit der oberen Moräne lässt vermuten, dass dieselben(bei Rückzugsstaffeln) im Zürichstadium gebildet wurden, sodass die darunter liegenden Schotter älter sind (Vorstossschotter?). S. Müller (1981) postuliert das Vorhandensein einer grossen Toteismasse am Nordhang des Rooterberges zur Zeit der Bildung des Ballwiler-Eschenbacher-Schotterkomplexes und datiert das Alter der Schotter in die Zeit des Frühwürm.

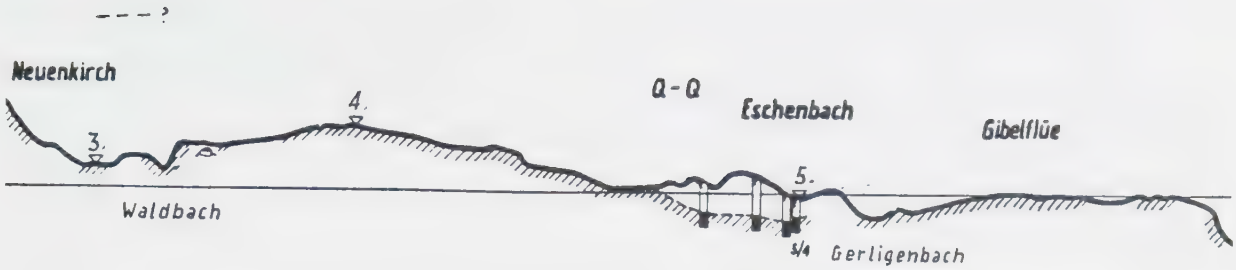
Westlich Hochdorf, gegen den Baldeggersee zu verändert sich die Schichtabfolge markant. Bei 5/8 664.o35/224.o75 47o müM werden die obersten 27,om mit meist siltigen (oft Seekreide), teils auch sandigen weichen Lagen gebildet. Zwischen 27,om und 29,6m folgt Moräne, unterlagert von Fels.

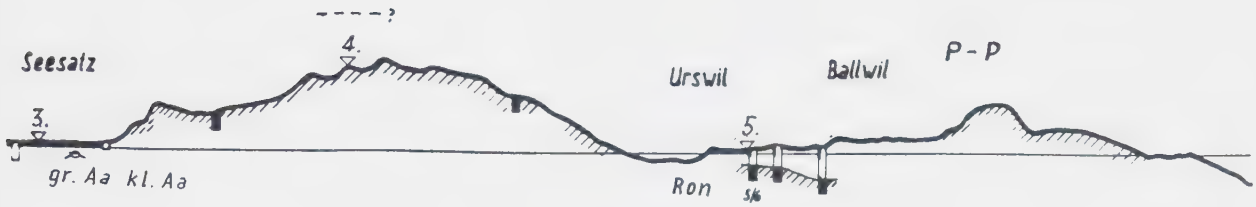
Der markante Wechsel der Schichtabfolge zwischen 5/7 und 5/8 lässt sich folgendermassen erklären: Beim Gletscherrückzug schmolz das Eis an der Felsschwelle (Höhe 48o müM) zwischen Ballwil und Hochdorf durch, wobei das im Baldeggersee liegende Eis als Toteismasse abgetrennt wurde.

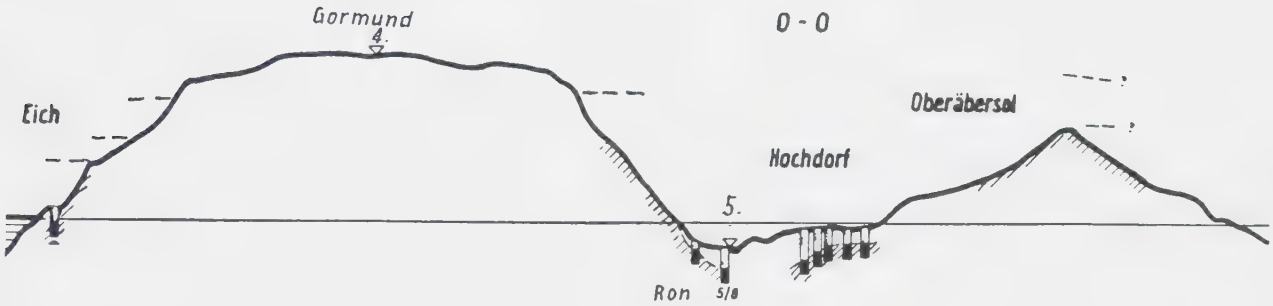


Kulisse Westseite 5'-5' Profil 5-5 Kulisse Ostseite


m.ü.M.
500
0
500
Chestenberg
Gupf
Guggerhübel
Schinznach-B.
Holderbank
Staufberg
Lenzburg
Birch
Tannwald
Egliswil
Seengen H.
Sarmensdorf
Meisterschwanden
Fahrwangen
Beltwil
Hallwilersee
Aare
Aare
Aare
Aare
Aare
Aare
Aare
Aare
Aabach
Aabach
Norden
Villnachern
Wildegg
Staufen
Seon
Homberg Linnerberg
Gislifluh
Homberg
Leutwil
Birrwil
Beinwil
Boniswil H.
Hallwil
Schafisheim
Hallwilersee
m.ü.M.



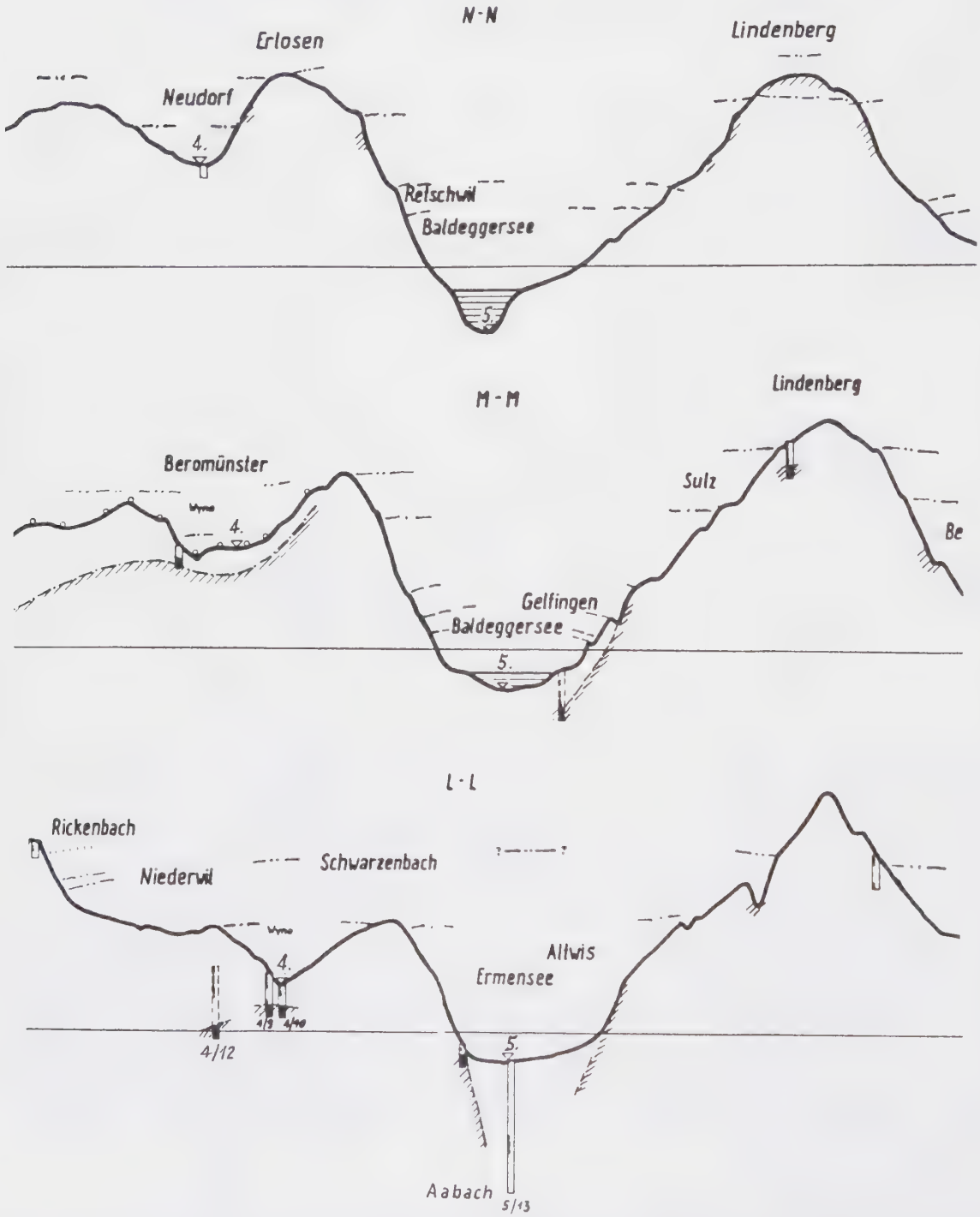




Im Zwischenseengebiet sind einige interessante Bohrungen abgeteuft worden. An der Hauptstrasse bei Gelfingen 662.195/ 23o.oo5 467 müM kernte man zuerst bis 9,om siltige, z.T. torfige Verlandungs- und Seesedimente, bis 18,3m heterogen aufgebaute Bachschutt- und Deltaablagerungen, bis 25,7m eine obere Moräne, bis 29,4m feingeschichtete Sande, unterlagert von einer mächtigen Moräne bis zum Fels, der auf 56,4m folgt. Küttel (schriftl. Mitteilung) hat mit Hilfe von Pollenuntersuchungen die Zone zwischen 8,om und 9,5m ins Holozän datiert, Bölling wurde nicht lokalisiert, doch fand er in der tieferen Bohrung Anzeichen von Aeltester Dryas (älter als ca. 13.ooo yBP). Die Proben der siltigen Feinsandzone zwischen 25,7m und 29,4m waren pollenarm mit Sekundärpollen. Aehnlich wie bei Uffikon (vgl. Kapitel 7) ist kein Mittelwürm- oder Frühwürm Interstadial ersichtlich.

Die Stirnmoräne des Zürichstadiums wurde bei 662.o8o/ 23o.7o2 485,5 müM direkt angebohrt. Dabei war die Moränenstärke 32,5m, unterlagert bis Bohrende auf 39,om von Schottern.

Ausserhalb des Stirnmoränenkranzes ergibt 5/12 661.495/ 231.o75 476 müM Schotter bis 21,8m, Moräne bis 23,om, untere Schotter bis 28,5m, eine untere Moräne bis 39,om, einen dritten Schotterkomplex bis 47,7m, darunter bis 59,7m geschichtete sandige Deltaablagerungen und bis Bohrende auf 62,om harte siltige Seesedimente.

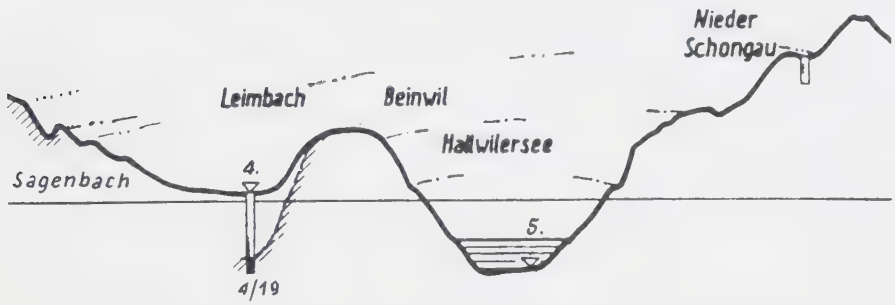


Wie die 2o3m-Bohrung 5/13 66o.49o/231.84o 46o müM bei Ermensee,

bei der man noch nicht auf Fels stiess, beweist, ist das Seetal stark übertieft. Es wurden bis 25,om gletschernah abgelagertes Schottermaterial und bis 32,om eine sandige Deltaablagerung aus den Kernen entnommen. Die darunter liegenden Sedimente sondierte man mit der Rotarymethode, so dass nicht allzu detaillierte Schlüsse über diesen Bohrabschnitt gezoten werden können. Von 32,om - 115,om folgten hellbraungraue weiche Silte und lockere Sande mit steifen Zwischenlagen (meist Seesedimente), von 115,om - 138,om eine hart gelagerte Moräne, von 138,o - 182,om hart gelagerte Kiese z.T. mit Sandpartien durchzogen, von 182,om - 2o3,om (Bohrende) hart gelagerte Sande. Lorenz schreibt (im hydrogeologischen Bericht Büro Mengis und Schmidt, 1975) die hart gelagerten unteren Sedimente der Risseiszeit zu. Es lässt sich aus den Bohrergebnissen folgern, dass die Uebertiefung des Seetales (und analog sicher auch bei anderen Tälern) präwürmzeitlich bewerkstelligt wurde und dass beim Vorstoss des Würmgletschers in diesem Talabschnitt nicht alle alten Sedimente ausgeräumt wurden.

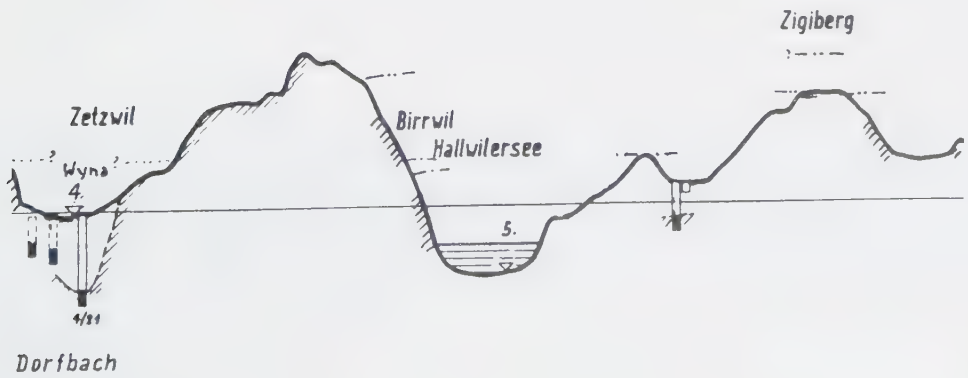
Die Bohrung am Erlosenhang oberhalb Ermensee 659.669/231.772 489,5 müM brachte unterhalb 6,om Gehängelehm und Rutschmasse Moräne bis zum Fels auf 15,om Tiefe. Der Fels muss also sehr steil gegen das Tal zu absinken.

K-K



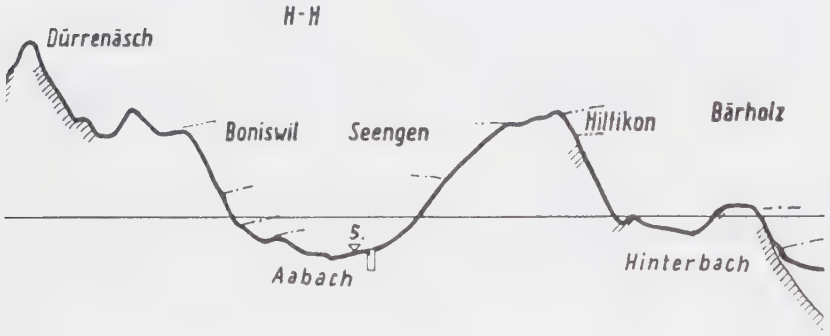
Hier je eine Bohrung aus Serien bei Fahrwangen und Sarmenstorf, im Bereich der Transfluenz ins Bünztal:

I-I



660.860/239.255 533 müM bei Fahrwangen: Bis 12,0m sauberer Kies, bis 18,0m lehmiger Sand mit Steinen (Moräne?), bis 24,0m Sand, bis 28,3m festgelagerte Moräne, bis 39,0m festgelagerter Sand mit Steinen, oft moräneartig, darunter Fels.

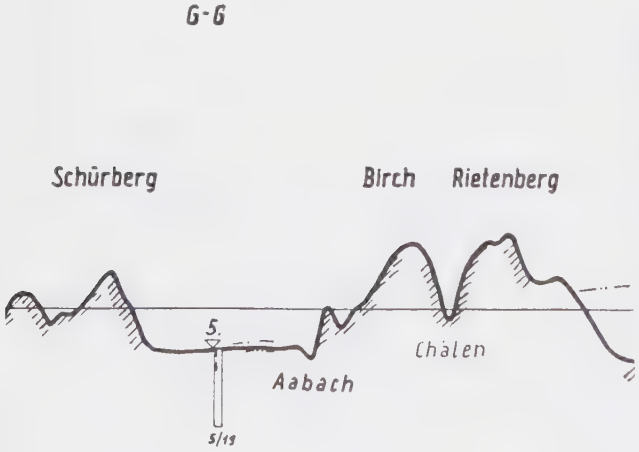
660.980/241.050 ca. 512 müM bei Sarmenstorf: bis 4,5m Kies, bis 22,0m toniger Silt mit Sand, Kies und Steinen (meist Moräne ?), bis 27,9m Feinsand und Silt, meist geschichtet, bis 31,9m Lehm mit Sand, Kies und Steinen (Moräne?), darunter bis Bohrende auf 35,0m geschichteter Silt.



Im mittleren Seetal fehlen bis heute Informationen bis zum Fels. Vor allem im Abschnitt zwischen Hallwilersee und Maximalstadium wurde nur oberflächennah sondiert.

5/16 657.960/241.170 449 müM informiert, dass bei Seengen bis in Tiefen von ca. 27,0m weiche, geschichtete Seeablagerungen, zuoberst mit Torf und Seekreide vorhanden sind.

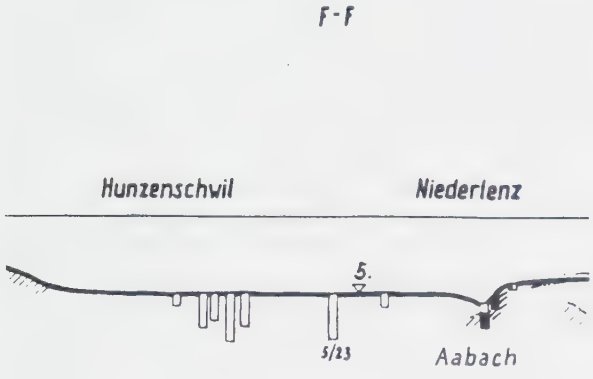
Bei 5/18 657.140/242.840 458 müM sind bis 3,8m junge Bachschuttablagerungen, bis 8,5m eine obere Kiesschicht, bis 20,0m eine festgelagerte Moräne, bis 27,0m eine untere Kiesschicht, bis Bohrende auf 35,0m feinsandige Seeablagerungen vorhanden.



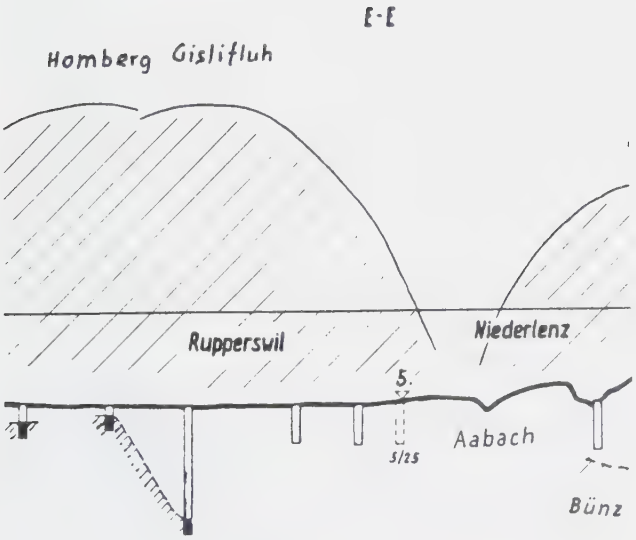
An der Aussenseite des Maximalstadiums (im Uebergangskegel) bei Seon 5/19 654.300/245.600 440 müM ist mit einer Bohrung auf 100,2m der Fels nicht erreicht. Bis 12,0m fand man Moräne, bis 97,0m kiesige Partien, teils schichtweise verkittet, darunter grauen mageren Lehm bis Bohrende.

Südlich Schafisheim zeugt eine Kiesgrube von mächtigen Niederterrassenschotterablagerungen. Ca. 5m unter der Oberfläche erscheint ein Band mit groben kantigen Blöcken, die man dem 1. Maximalstand zuweisen kann. Darunter befinden sich ca. 50m mächtige ältere würmzeitliche Schotter, unterlagert von harten verkitteten präwürmzeitlichen Schottern.

Bei 5/2o 654.393/247.28o 429 müM eruierte man über die ganze Bohrlänge bis zum Fels auf 63,om Tiefe teils verkittete Kiese, oft mit Steinen und Blöcken durchsetzt. Bei 5/21 654.151/247.463 426 müM stellte sich Fels ab 65,8m ein, darüber durchwegs Kies, der teils so stark verkittet war, dass man nur nach Meisselarbeit weiterbohren konnte. Bei 5/22 654.225/247.897 42o müM kam der Uebergang zum Fels unterhalb Schotter (bis 53,om) und festgelagerten Sanden bei 6o,om Tiefe.



Bei 5/23 653.97o/249.35o 4oo müM,
bei 5/24 653.93o/249.82o 394 müM,
bei 5/25 654.4oo/25o.37o 393 müM und
bei 5/26 654.235/25o.89o 376 müM stiess man bei allen Sondierungen nach ca. 4om - 5om Schottern nicht auf Fels, sondern auf siltige Seeablagerungen unbekannter Mächtigkeit.



Eine 155-m tiefe Bohrung, bei der Fels erst in 145m-Tiefe zum Vorschein kam, auf der westlichen Seite des Seetaleinganges ins Aaretal, bei 651.52o/25o.o7o 378 müM verdeutlicht, dass der Fels im Aaretal westlich von Rupperswil steil abfällt. Nur ca. 1 km westlich dieser Bohrung, auch ungefähr in der Talachse liegend, wurde der Fels in nur 16m Bohrtiefe sondiert. (vgl. Profil E-E). Unter ca. 27,om Niederterrassenschottern wurde eine auf Bodenbildung schliessende Kiesschicht zu Tage gefördert, unterlagert bis ca. 4o,om von älteren Schottern; darunter bis 5o,om Seeablagerung, bis ca. 55,om ein tieferer Schotter, bis 112,om präwürmzeitliche Seeablagerung, bis ca. 127,om Schotter und dann Riss-Moräne bis zum Fels.

Die Abgrenzung einer Rinne oder eines Beckens lässt sich nach dem heutigen Informationsstand nicht genau festlegen. Aeltere Gravimetriemessungen im untersten Bünz-Reusstal (vgl. Kapitel 1o.2) sind nach Westen nicht bis zum Ausgang des Seetals weitergezogen. Dazu sind mir noch keine Informationen bis zum Fels im Gebiet östlich Lenzburg, bei Niederlenz und Möriken bekannt.

Bei 5/27 653.93o/251.67o 351 müM, nahe der Aare gelegen, ist in 51,5m Tiefe noch kein Fels vorhanden. Bei 5/28 653.95o/ 251.76o 351 müM, an der Aare gelegen, fand man ca. 22,om Schotter, bis ca. 29,om präwürmzeitliche Moräne, darunter Kalke des unteren Malm. Auch von Süden her fällt der Fels also steil ins Aaretal ab.

1o. Der Reusseisvorstoss über das Zugerseegebiet

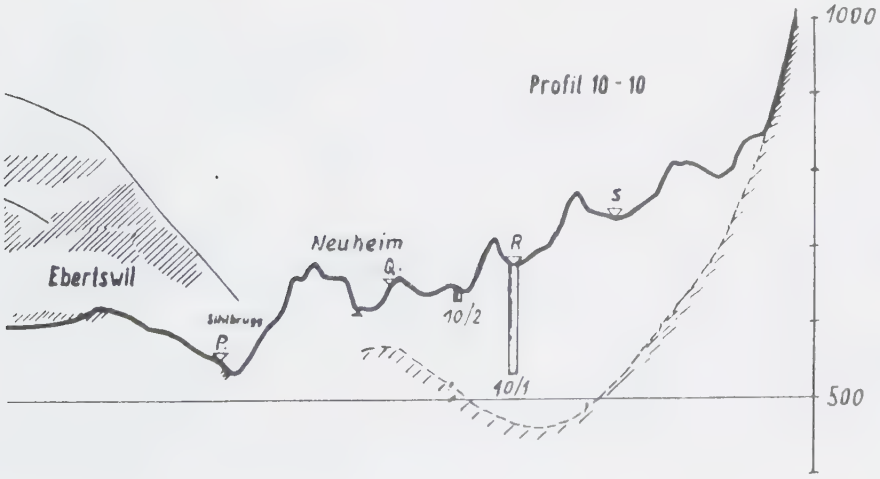
Zum Verständnis der ganzen Region ist das Studium der vorwürmeiszeitlichen Verhältnisse notwendig. Da ich in meiner Arbeit alle prähochwürmzeitlichen Ablagerungen nicht weiter gliederte, werde ich bei den Bohrkernbeschreibungen nicht detailliert darauf eingehen.

In der Risseiszeit griff ein grosser Seitenarm des Linthgletschers ins "Reussgebiet" über. Ein tiefes Tal, aufgefüllt mit mächtigen alten Lockergesteinsablagerungen, zieht vom Zürichsee über Schönenberg - Menzingen nach Inwil b. Baar-Zug. Dies lässt sich beweisen, indem bei tieferen Sondierungen aus der Region (Bohrungen bei Neuheim, Winzenbach, Menzingen) mehrfach Verrucano gefunden wurde.

Zur gleichen Zeit hat sich damals ein östlicher Teil des Reuss-Systems (analog wie in der Würmeiszeit) über das Gebiet des heutigen Zugersees aufgebaut. Dabei fand in der Region Zug eine Konfluenz von Linth- und Reusseis statt. Die vereinigten Eismassen bauten sich - der resultierenden Kraft der beiden Gletscherarme und vorhandener topographischer Reliefvertiefungen folgend - nach Nordwesten ins heutige Reuss- und Bünztal auf. Verrucano-Gesteine, in verschiedenen Bohrungen im Baarerbecken und bei Knonau vorkommend, bekräftigen diese Aussagen.

Zum Teil über 2oo m mächtige (im Gebiet Menzingen gar über 3oo m), alte, oft verkittete oder steife Lockergesteinsrelikte im Gebiet Menzingen-Neuheim, Lorzetobel, Inwil, Zug, Baarerbecken, Blickensdorf, Uerzlikon, Knonau sind teils durch Bohrungen nachgewiesen worden.

Die Gravimetriemessungen (Gassmann 1962, Pavoni 1962) in der Gegend Menzingen weisen auf die "Menzinger Rinne" hin.



Tiefe Kernbohrungen im Gebiet Winzenbachtal und Menzingen stiessen in diese tieferen Ablagerungen der Menzinger Rinne hinein. Die Tiefbohrung Winzwilen 1o/1 687.792/226.997 674 müM durchfuhr nur bis 9,9m (nach wenig Gehängelehm) eine würmeiszeitliche Moräne, wobei ein Verrucano-Bohrkern in 8m Tiefe bekräftigt, dass die Gegend östlich Menzingen im Würm vom Lintheis bedeckt war (vgl. Abschnitt 1o.1, Situation im Würm Maximum). Zwischen 9,9m und 13,8m weist eine Verwitterungsschicht auf Bodenbildung hin. Unterhalb 13,8m wurde präwürmzeitliches, meist sehr hart gelagertes Bohrgut, das bis 116,4m moräneartigen Habitus aufwies und von 116,4m bis Bohrende auf 143,6m auf alte Seeablagerungen deutete, gefördert.

Kartenausschnitt 1:2oo.ooo, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 28. Juni 1982

Auch bei der 6om-tiefen Sondierung Hasentalweid bei Menzingen 687.15o/225.32o 814 müM folgten im untersten Bohrabschnitt sehr hart gelagerte Moränen, die präwürmeiszeitlich sein müssen.

Auch die nördlich der Menzinger Rinne gelegene Bohrung, östlich Neuheim, 687.597/228.498 689 müM, die den Fels auf 84,7m erreichte, zeigte zuoberst noch starke würmeiszeitliche Moränen- und Schotterablagerungen bis ca. 5o,om Tiefe, darunter bis zum Fels sehr harte, ältere Sedimente.

Die Bohrung bei Hinterburg 685.67o/228.145 656 müM brachte bis 2,om Moräne, bis 3o,om Schotter mit moräneartigen Einlagerungen. Die tiefer gelegenen Schichten sind frühwürm- oder risseiszeitlich. Sie wurden bis zum Fels bei 55,1m durchfahren.

Oberhalb Zug wurden für die Sanierung der Lorzetobelbrücke und die Sanierung der Kantonsstrasse zwischen Talacher und Nidfuren eine grössere Sondierkampagne durchgeführt. Dabei geben Bohrungen an den Tobelkreten auf Höhen zwischen 6oo und 65o müM Aufschluss über die oberen würmeiszeitlichen Ablagerungen, wobei in den unteren Bohrabschnitten die häufig sehr harten Lagerungsdichten auf ältere, gepresste, also überfahrene Sedimente hinweisen. Die im Lorzetobel eindrücklich anstehenden, teils zu Nagelfluh verkitteten Schotter sind präwürmeiszeitlich. (Nach dem Zürichstadium schlug die tiefenerodierende Lorze den Weg ins heutige Lorzetobel ein und legte die alten Lockergesteinsablagerungen frei).

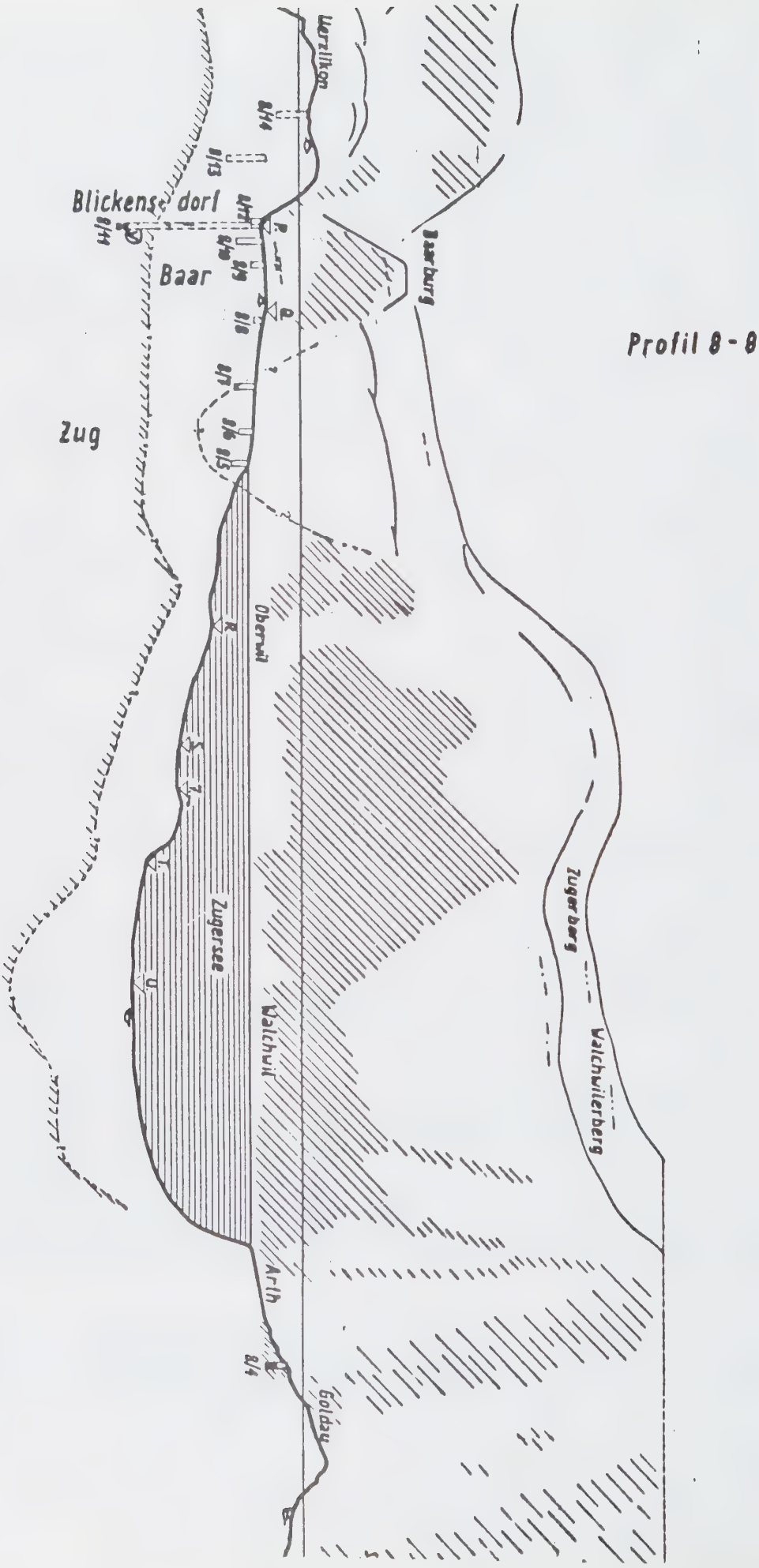
Die an der Tobelbasis ausgeführten Sondierungen (Höhen um 54o müM) drangen, wie die durchwegs harte Lagerungsdichte beweist, in ältere Ablagerungen ein.

Ebenso durchfuhr die Bohrung beim EW-Haus, 684.62o/226.o8o, 538 müM zuerst alte Seesedimente, darunter bis zum Fels in 56,om Tiefe, (also Kote 48o müM - Nordflanke der Menzinger Rinne) alte Schotter.

Der Nordrand dieser Rinne bildet, wie der anstehende Fels in der Region darlegt, etwa die Linie Höllbach - Baar Grund; (wobei ich annehme, dass die in der geologischen Karte eingezeichneten Felspartien zwischen Grund und Geissbüel, südöstlich Baar, etwas zu weit nach Süden reichen.)

Die südliche Randlage der Rinne verläuft ca. über die Linie südlich Brettigen, südlich Menzingen, Allenwinden, Ussergrüt nach Zug. Dabei beinhaltet die an diesem Südrand gelegene Rutschmasse oberhalb Zug, deren Anriss-Stelle oberhalb St. Verena deutlich sichtbar ist, auch ältere Lockergesteinspakete. Die Rutschung selbst, deren Anriss man über die Grenze nördlich Kantonsschule, Lüssirain, Haarnadelkurve der Strasse oberhalb St. Verena, Klinik Liebfrauenhof gegen den See zu verfolgen kann, ist jüngeren Datums.

Die Tiefbohrung Inwil ZG 682.585/225.873 434,5 müM beweist, dass die Menzinger Rinne im Gebiet Zug in eine noch tiefere Rinne - die Blickensdorfer Rinne - die vom Zugersee übers


Profil 8 - 8
Blickensdorf
Baar
Zug
Oberwil
Zugersee
Walchwil
Arth
Goldau
Zugerberg
Walchwilerberg
Baarburg

Baarerbecken, Blickensdorf, Uerzlikon, Knonau, Maschwanden ins Reusstal zu verfolgen ist, einmündet. An Hand der Rotarybohrung kann über die genauere Lockergesteinszusammensetzung nichts Eindeutiges ausgesagt werden. Wahrscheinlich sind mehrere Moränen vorhanden. Im unteren Bohrabschnitt war die Lagerungsdichte gross. Den Fels erreichte man in 119,om Tiefe, also auf Kote 315 müM.

Bei der zweiten Rotary-Tiefbohrung im Baarerbecken, 68o.295/ 226.76o 424 müM, an der Nordflanke dieser Blickensdorfer Rinne gelegen, erreichte man den Fels auf 1o1,1m, also auf 323 müM. Nach ca. 25,om feinkörnigem "Bohrgut" ist mehr kiesiges Material gefördert worden.

Die dritte Rotary-Tiefbohrung im Baarerbecken lag in der Rinnenachse (vgl. Profil P-P). Sie wurde bei Blickensdorf 8/11, 681.812/228.455 437 müM abgeteuft und erreichte den Fels erst bei 222 m unter Terrain (Felskote 215 müM). Dabei durchbohrte man bis 26,5m feinkörniges Material, gefolgt bis 35,5m von Hartgelagertem (Moräne?). Bis auf 86,om Tiefe folgte Feinsand und Silt, bis 1o8,om Kies, bis 118,om schlecht gerundeter Kies mit Blöcken (Moräne?), darunter mächtige, meist kiesige Serien,(bei denen Blöcke auf Moränenzwischenlagen deuten) bis zum Fels. Informativ ist ein Verrucanoblock in 217,om Tiefe.

Die Rinne lässt sich weiterverfolgen an Hand der Resultate der Gravimetriemessungen Gassmann (1962) und verläuft über Uerzlikon - Knonau - Maschwanden. Bei Knonau brachte eine grosse Sondierkampagne detailliertere Auskünfte über die Zusammensetzung des Untergrundes. Der Kartenausschnitt 1: 25.ooo auf der nächsten Seite zeigt optisch die erhaltenen Bohrresultate. Es sei die Tiefbohrung 677.o2o/23o.33o 448 müM erwähnt, bei der bis 6om gekernt und darunter mit Rotaryverfahren gebohrt wurde. Zuoberst fand man bis 11,om Moräne (die einem inneren Zürichstadium zuzuordnen ist), bis 3o,2m Kies, bis 39,om sandige Deltaablagerungen, bis 53,9m Kiese, bis 7o,om sandige Deltaablagerungen, bis 119,om siltige Seeablagerungen, darunter bis zum Fels in 2o5,om Tiefe (also auf Kote 243 müM) durchwegs kiesige Abfolgen mit Moränenzwischenlagen.

Aus feinkörnigen Ablagerungen hat Welten an der Universität Bern (1978) Bohrkerne auf Pollen untersucht. Dabei hat er Würm-Interstadiale und Riss-Würm Interglazial diagnostiziert. (vgl. Eintragungen im Kartenausschnitt auf nächster Seite).

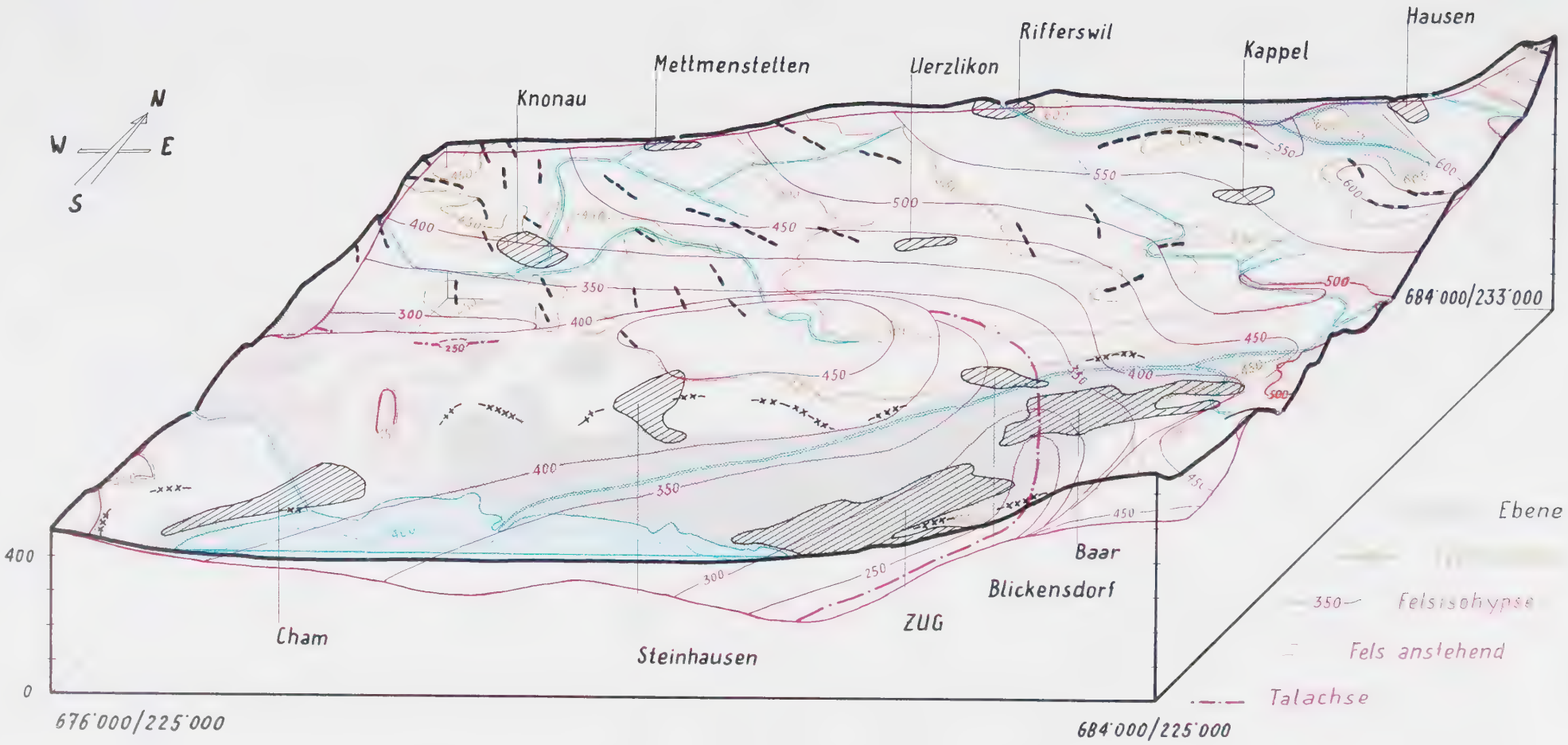
Der rechte Teil des Gravimetrieprofils Nr. 62 Rifferswil (vgl. Querprofil O-O) schneidet die Blickensdorfer Rinne leicht schief und zeigt deren Lage und Form.

Alle Informationen habe ich im Blockdiagramm Blickensdorfer Rinne, das über das Gebiet 676.ooo bis 684.ooo und 225.oo bis 233.ooo erstellt wurde, verarbeitet. Aus den Felsisohypsen am rechten Rand des Blockdiagrammes ist der Eingang der Menzinger Rinne in die Blickensdorfer Rinne erkennbar. Es ist ersichtlich, dass innerhalb der Blickensdorfer Rinne noch eine unterirdische Felsschwelle auf ca. 33o m, zwischen Uerzlikon und Knonau, ein Maschwanderbecken von einem Baarerbecken trennt.

Maschwanden
Profil 8-8
Utenberg
Vorder
Rain
Weid
Altgrüt
Eitenberg
Büel
Allmend
Hasplen
Grischhei
Rotenberg
Margel
Knonau
Wannhüseren
Bützen
Weid
Grund
Hatnal
Vorder
Profil
Hublexen
Amtsberg
Eschfeld
Dornmatt
Dürrenast
Frauental
Schachen
Schachenwald
Tannbüel
Schönbüel
Niederwil
Hungeli
Oberwil
Schachen
Rumentikon
Obertoss
Ghasel
Hinterbüel
Gibel
Dürrbach
Grossmoos
Schönau
Tobel
Feld
Hueb
Waldhus
Hagendorn
Orenberg
Herren-
wald
Felderen
Friesencham
Profil O-O
Groppenmoos
Wolfacher
Rainmatter-
Wald
Lindenchamer-Wald
Stock
Obermeid
Matten
Heiligkreuz
Birch
Profil 6-6
Marlachen
Teuflbach
Rainmatt
St. Wolfgang
Ochsenlon
Profil P-P
Obermoos
Rüti
Allmendhof
Ried
Filderen
Enikon
Ober Hünenberg
Moos
Huebrain
Hueb
Drälikon
Cham
Giessen
Ober
Unter
Hubel
Chämberg
Profil Q-Q
Chämleten

Blockdiagramm Blickensdorfer Rinne

2.5 fach überhöht



Prähochwürmzeitliche Ablagerungen sind in den Bohrungen zwischen Maschwanden und Obfelden, in der Kiesgrube Tambrig und in deren Umgebung lokalisiert worden.

In der Sondierung 8/24 673.986/234.18o 412 müM, die von der Sohle der Kiesgrube aus abgeteuft wurde, kann der Uebergang von jungen, nicht stark vorbelasteten zu alten vorbelasteten Sedimenten aus der Kernbohrung ersehen werden. An der Kiesgrubenwand sind zuoberst Drumlinablagerungen vorhanden, bis OK Terrain und in der Bohrung noch 2,2m tief Schotter, bis lo,lm ein locker gelagerter Sand, der plötzlich in sehr steife Silte und sehr dicht gelagerte Sande (bis 17,lm), in denen artesisch gespanntes Grundwasser zirkuliert, übergeht. Bis Felsbeginn bei 35,9m eruierte man eine hart gelagerte Moräne. Augenfällig wird der Unterschied beim Vergleich der Ergebnisse mit den Bohrungen in der Reusstalebene. In 673.348/234.2o5, 387 müM z.B. sind die obersten 2,om siltig und weich (mit organischen Beimengungen), dann folgen bis 7,2m locker gelagerte Kiese, darunter bis Bohrende der an der Basis der Kiese in der Reussebene oft angetroffene "Reusstallehm", der weich bis breiig umschrieben wurde.

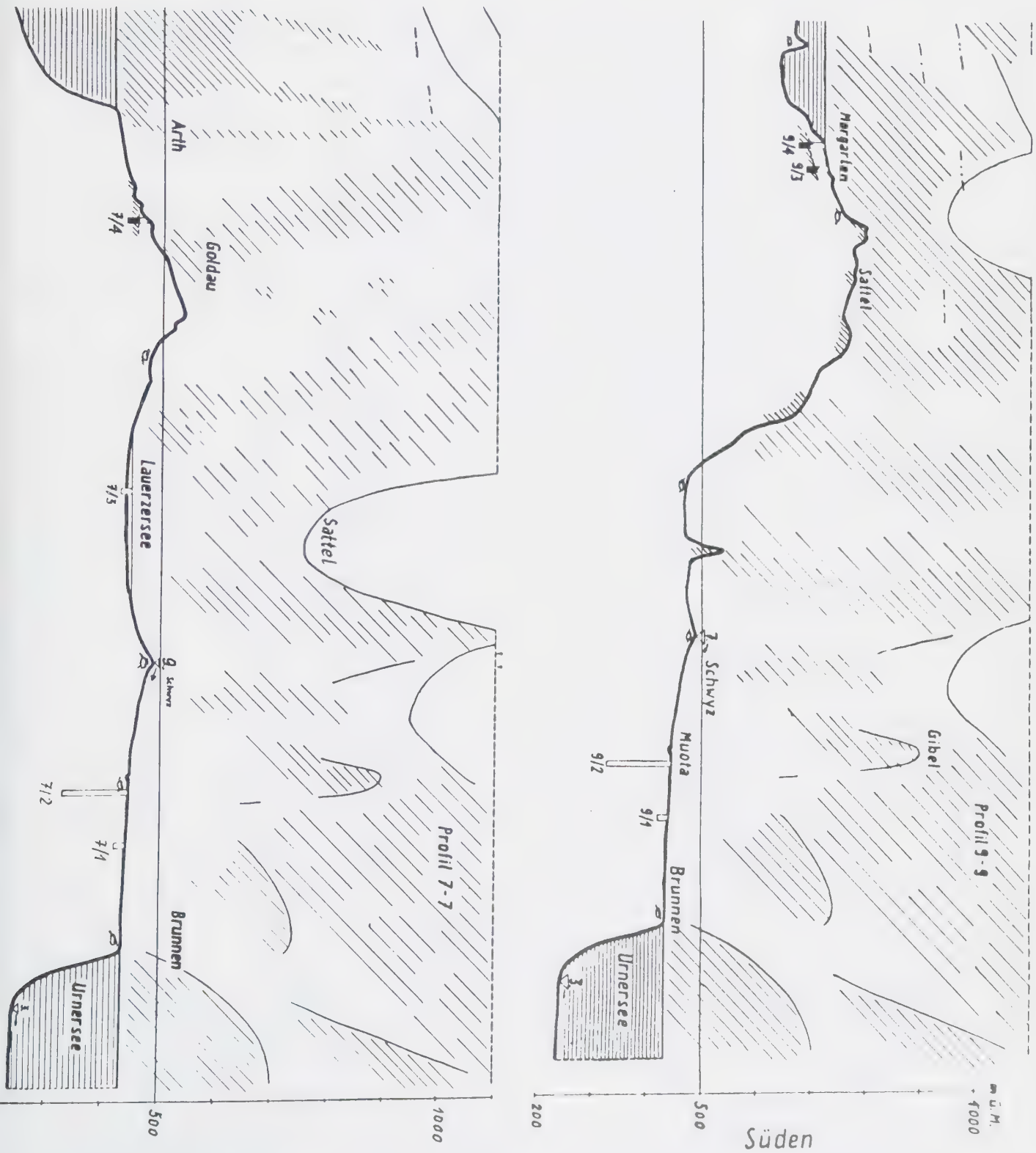
Die Situation zur Würmeiszeit war während dem Eisaufbau einfacher. Der Linthgletscher fand beim Aufbau seitlich zwischen Schönenberg und Hirzel ein zu grosses Hindernis in Form seiner eigenen alten Ablagerungen und nahm Weg Richtung Zürich.

Dem würmzeitlichen Reusstallappen, der über das heutige Zugerseegebiet vorrückte, bot sich als direkter Weg gegen Norden der Raum über Cham - Steinhausen an. Dadurch sind mächtige ältere Lockergesteinsablagerungen - die heute als Relikte vorhanden sind - nicht ausgeräumt worden.

Die nachfolgenden Abschnitte lo.l und lo.2 behandeln die würmeiszeitlichen Abfolgen der in der Situation 1 : 2oo.ooo dargestellten Region.

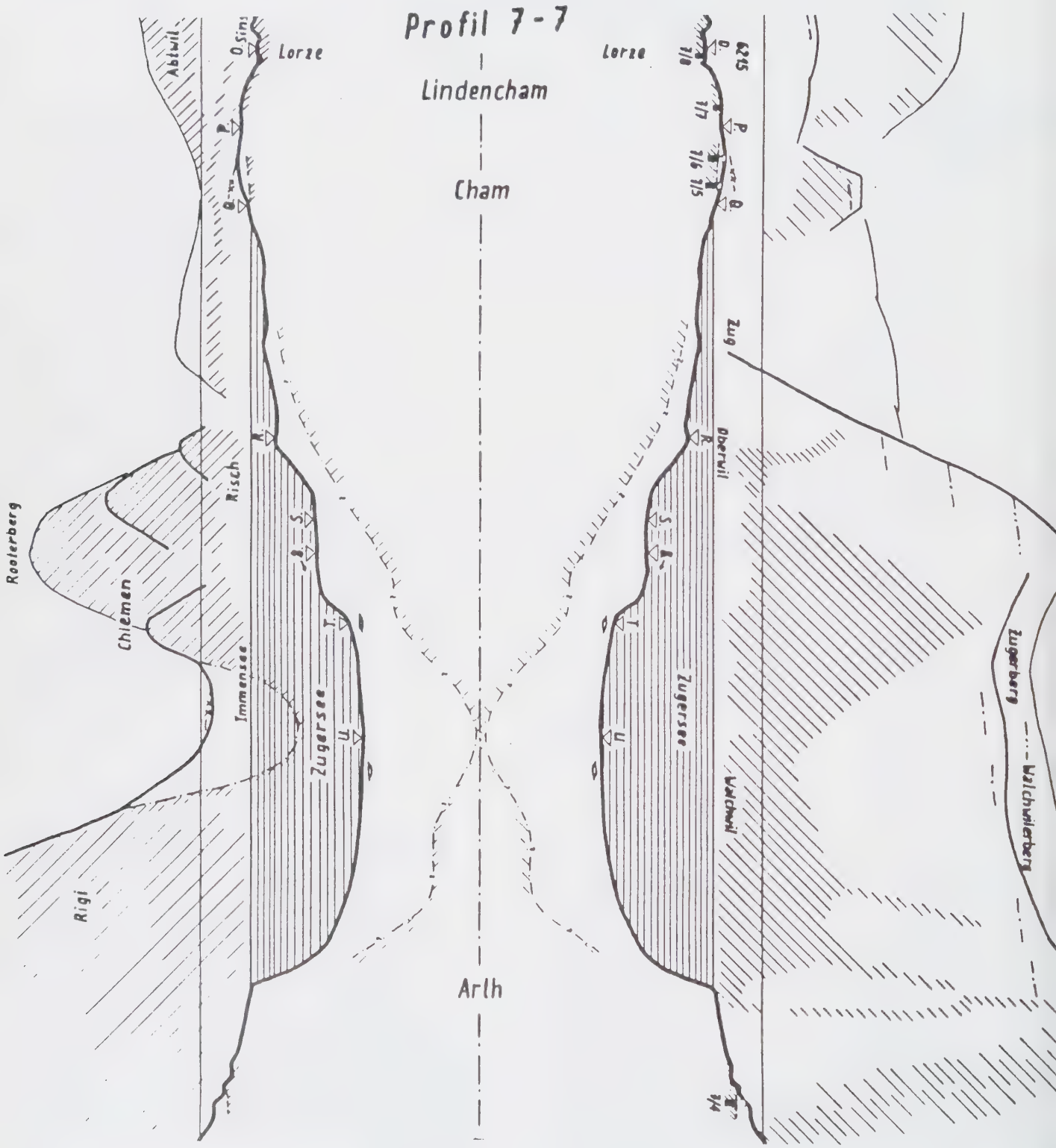
1o.1 Das Zugerseegebiet

Bei Brunnen erfolgte beim Eisaufbau die in Kapitel 5 beschriebene Aufteilung der beiden Reussgletscher-Hauptarme. Der Oestliche bahnte sich einen Weg Richtung heutigem Zugersee. Von Osten her strömte Muotaeis zu. Der Urmiberg wurde zuerst um-, später überflossen. Zur Zeit des Maximalstandes war die Eisoberfläche zwischen Rigi und Rossberg auf einer Höhe von ca. 1o5om bis 11oo müM. Dabei kam es zum Ueberfliessen gegen Osten in den Raum Sattel-Rothenthurm und Sattel-Aegerital.



Im Haupttal überbrückte das Eis eine Felsschwelle von ca. 47o müM Höhe bei Goldau. (Die maximale Talhöhe von 53o müM in der Achse ist bedingt durch die Felssturzmasse).

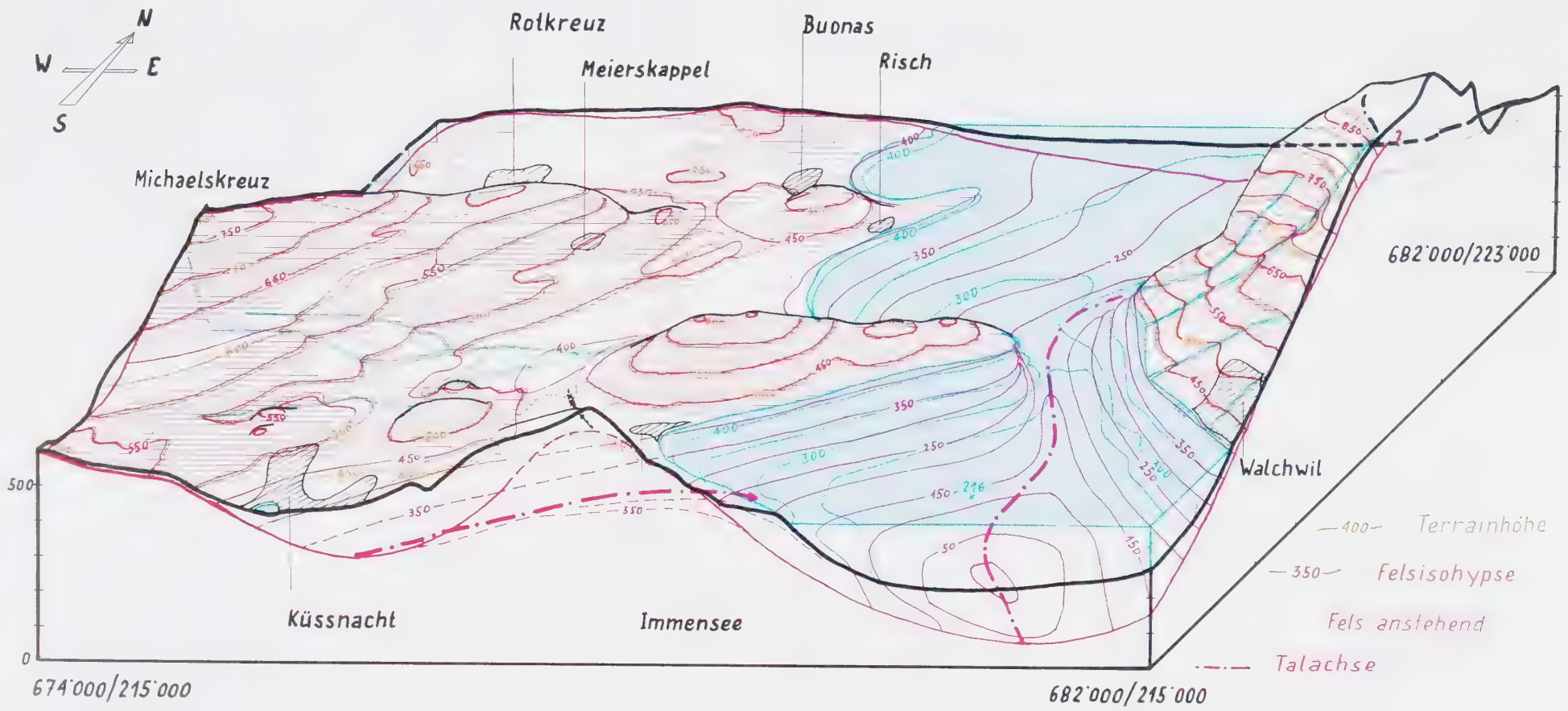
Nach Ueberquerung dieser Rippe bildete der Gletscher im unteren Zugersee einen grossen Kolk (Alter?), wobei eine Uebertiefung fast bis auf Meereshöhe erfolgte (Kelts, 1978).



Bei Küssnacht-Immensee vereinigte sich der Zugerseearm mit jenem, der südlich um die Rigi herumfloss. Wie Profil 7'-7' (westliche Kulisse) verdeutlicht, ist der Fels bei Immensee

Blockdiagramm Zugersee

2.5-fach überhöht



übertieft. Dies konnte mit den beiden Gravimetrieprofilen Nr. 51 Immensee und Nr. 5o Küssnacht nachgewiesen werden.

Beim Eisaufbau musste der heutige Seen-Engpass beim Chiemen durchdrungen und später der Chiemen selbst überflossen werden. Rechterseits bildete der Zugerberg Gleithang. Bei zunehmender Eismächtigkeit überfloss der vorstossende Gletscher die Region von Cham - Steinhausen und breitete sich gegen Norden zu aus. Dabei stiess aus dem Bereich "Schlüsselpunkt Luzern" noch ein Eisarm zu, der südlich des Lindenberges vorbeifloss.

Als die Gletscher im Maximalstadium bei Othmarsingen und nördlich Mellingen stirnten, (vgl. Abschnitt 1o.2) lag das Eis in der Region Zug ca. 9oo müM, am Zugerberg und am Mitteldorfer Berg nordöstlich des Aegerisees auf ca. 95o - 1ooo müM, am Walchwilerberg und an den Flanken am Südende des Aegerisees auf etwas über 1ooo müM.

Dabei kam es bei Sattel zu einem lokalen Eisvorstoss über Rothenthurm nach Nord-Nordosten. Auf Grund der Höhenlagen der Seitenmoränen lässt sich der Stirnmoränenwall zwischen Schlüssel und Bibersteg dem Maximalstadium zuschreiben. Aeussere Wälle bei den Altmatt's sind dem Maximal- bis Schlierenstadium, die inneren Wälle der Altmatt's dem Schlierenstadium zuzuordnen.

Am Aegerisee sind die Eisstände an Hand von Seitenmoränen dokumentiert, die in die Kulisse eingetragen sind (vgl. Profil 9-9).

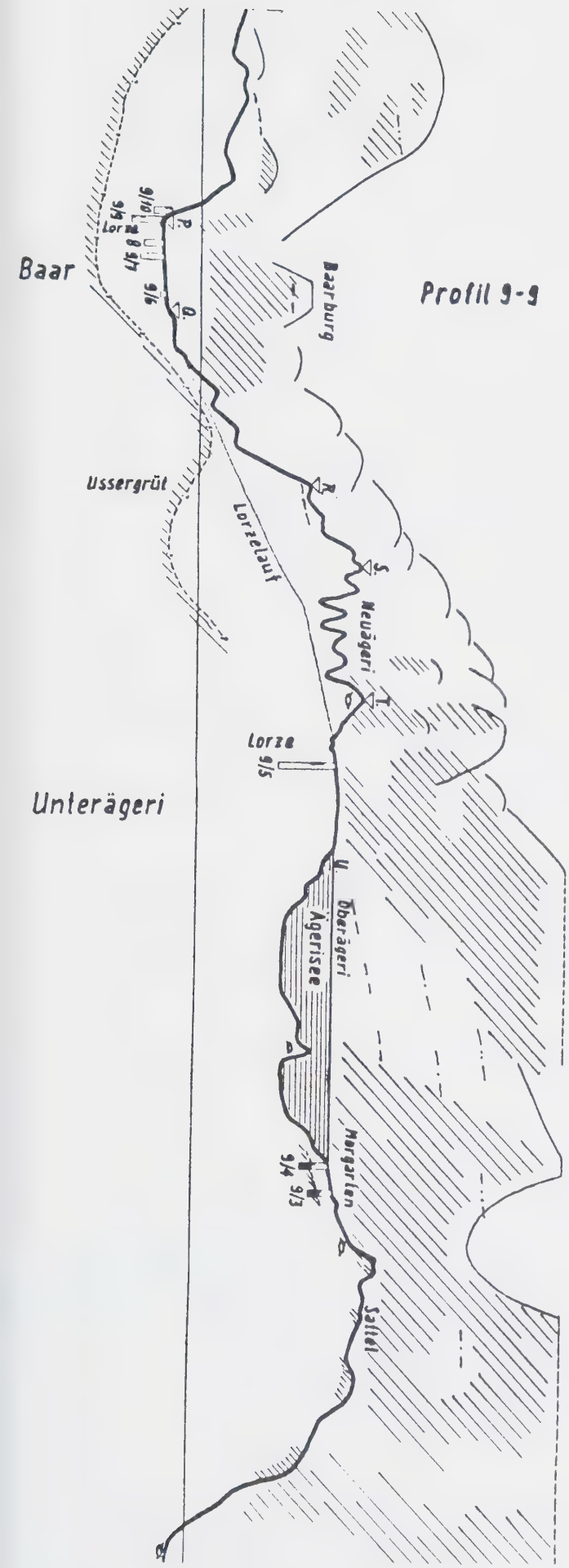
Der Gottschalkenberg und die Bruusthöchi und deren Ausläufer lenkten das Eis Richtung Nordwesten ab. Im Maximalstadium stiess der Gletscher, flankiert vom Zuger- und Wilerberg, gegen Norden vor. Ein kleiner Lappen überfloss bei Hinterwiden den Pass und drang östlich des Wilerberges noch minim nach Norden vor.

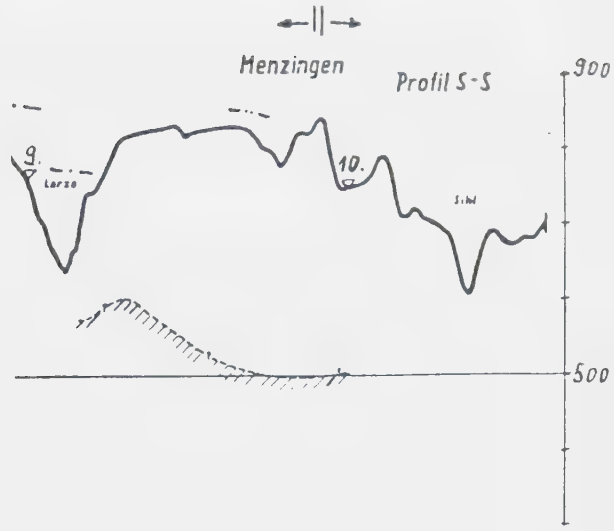
Nördlich des Wilerberges vereinigte sich das Eis mit demjenigen, das westlich des Zugerberges vorbeifloss.

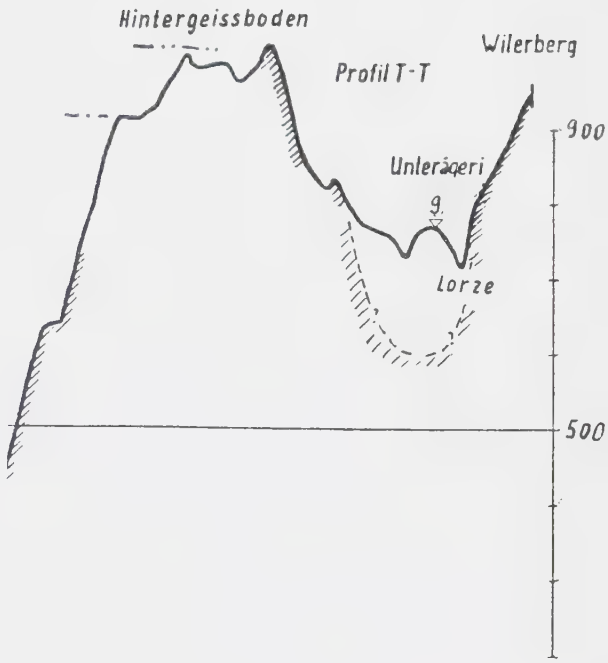
Im Würmmaximum kam es zu der bereits beschriebenen Nahtstelle von ca. Schneitwald über Menzingen zum Albiskamm zwischen Lintheis und Reusseis.

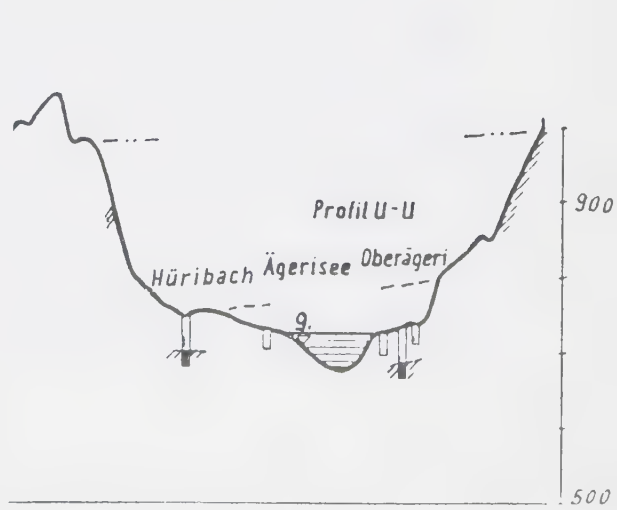
Bei den Eisrückzügen entstanden im Raum Neuheim-Menzigen-Aegeri-Allenwinden komplexe Eisrandbildungen.

Die Lockergesteinsablagerungen am Gubel nordöstlich Neuägeri sind präwürmzeitlich. Die Hügelzüge bei Menzingen um den Lindenberg gehören zum Maximalstadium. Schlierenstadium ist an der Ostseite des Lorzetobels von ca. Heitersstalden (westlich Gubel) nach Schönbrunn (westlich Menzingen) zu verfolgen, während Reste vom Zürichstadium noch an der Krete des Lorzetobels zu sehen sind.(Hydrogeologischer Bericht Dr. L. Wyssling, 1977).


Baar
Profil 9-9
Baarburg
Ussergrüt
Lorzelauf
Neuägeri
Lorze
9/5
Unterägeri
Oberägeri
Ägerisee
Morgarten
Sattel
9/4
9/3
9/6
9/7
9/8
9/9
9/10
P.
Q.
R.
S.
T.
U.


Menzingen
Profil S-S
900
500
9.
10.
Lorze


Hintergeissboden
Wilerberg
Profil T-T
900
Unterägeri
9.
Lorze
500


Profil U-U
900
Hüribach
Ägerisee
Oberägeri
9.
500

Die Bohrung 9/5 bei Unterägeri 686.58o/221.3oo 725 müM brachte bis Endtiefe auf 93,7m nur Silte und unten Sande, wobei beim Bohren durch die Sande laufend Grundbrüche eintraten, die auf lockere Lagerung schliessen lassen. Küttel (schriftl. Mitteilung) untersuchte die Bohrkerne pollenanalytisch. Er gliederte die obersten 8m dem Holozän zu. Zwischen 8m und 4om Tiefe deuten die Floren auf eine Sedimentation in der jüngeren Dryas(1o.ooo yBP) bis Bölling (12.ooo yBP) und unter 4om stellte er kaltzeitliche Sedimentation fest.

Die Seitenmoränenabfolgen am Zugerberg lassen sich gut verfolgen. Im Maximalstadium entstand auf dem Zugerberg ein kleines Zungenbecken (Tiefe?). Die Wälle über Oberforen-Hinter-Geissboden und Vorder Banholz - Schwändi zeugen davon. Nördlich lässt sich ein Wall über die Bergstation der Zugerbergbahn bis nach Oberstock verfolgen. Dem Schlierenstadium ist der Wall von Obergrüt nach Allenwinden, dem Zürichstadium derjenige von Ussergrüt zuzuschreiben.

Im Hurdenstadium kam es zur Trennung in einzelne Gletscherarme, wobei sich ein Arm Reusstal aufwärts und die andern Richtung Zugersee, bzw. Küssnachterbucht zurückzogen.

Die Drumlinlandschaft von Steinhausen bis Obfelden entstand im Zungenbecken des Zürichstadiums.

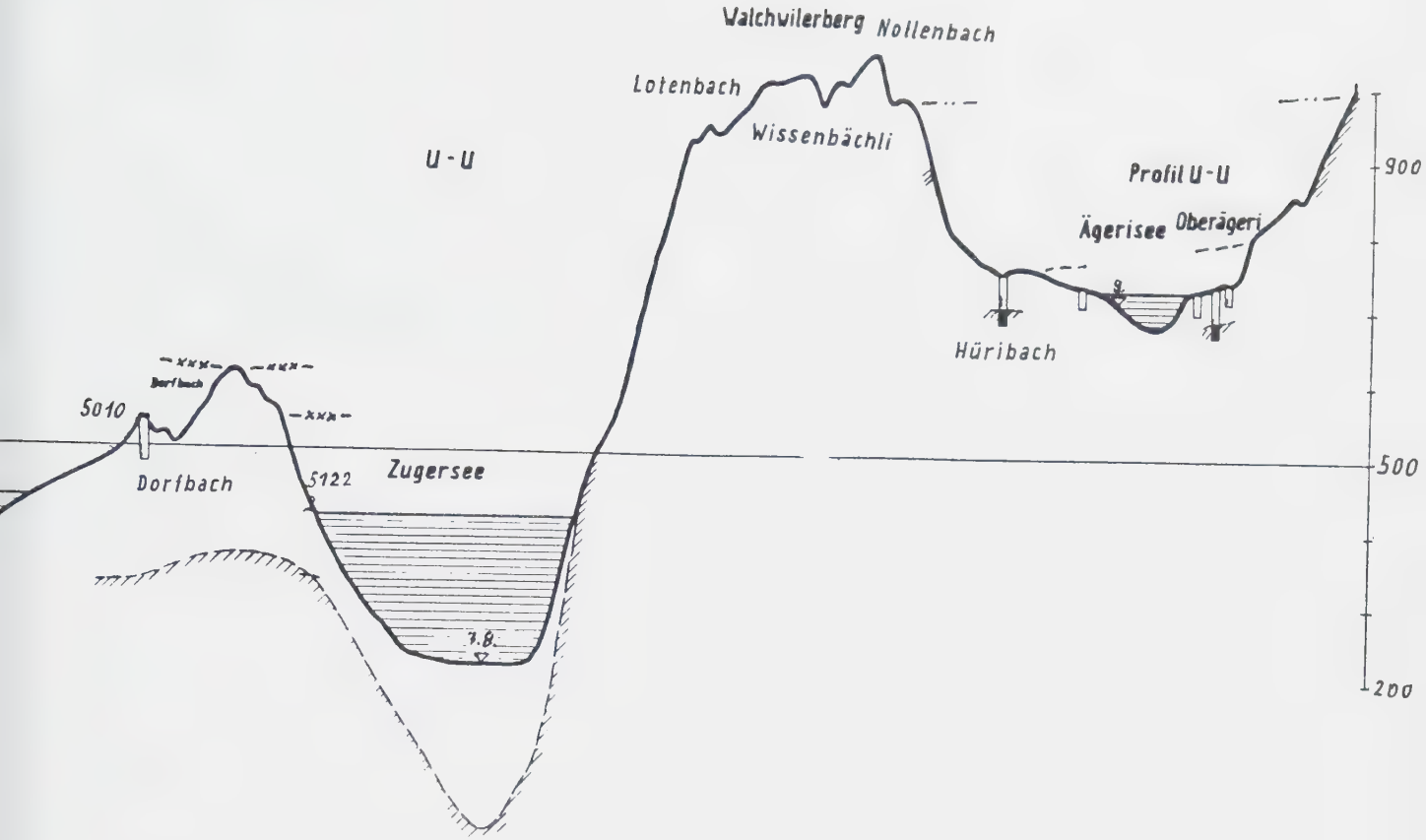
Die Reusstalübertiefung in der Gegend um Gisikon ist nicht genau bekannt. Die Bohrung bei Root 671.557/219.1oo 41o müM blieb nach Durchstossen einer 2,3m mächtigen Siltschicht, gefolgt von Kies bis 11,6m, bei 56,om Tiefe in weich und locker gelagerten Silten und Sanden (Seebodenlehmen) stecken.

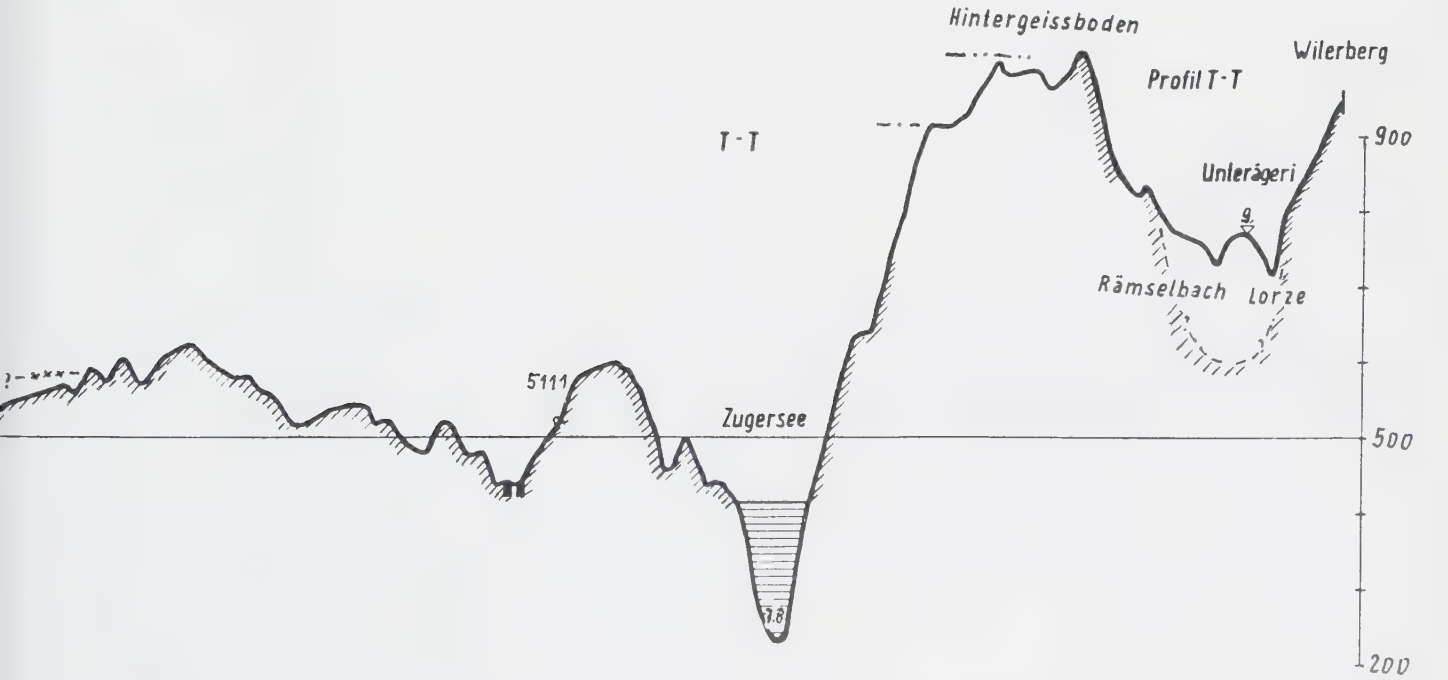
Die hangentfernteste Bohrung 672.35o/221.25o 4o8 müM aus einer Sondier-Kampagne bei Inwil, deutet auf eine nur kleine Uebertiefung in diesem Reusstalabschnitt hin. Sie brachte bis 1,om siltige Verlandungssedimente, bis 9,om Kies, bis 18,2m weiche Seeablagerungen, bis 22,4m Moräne, gefolgt von Fels.

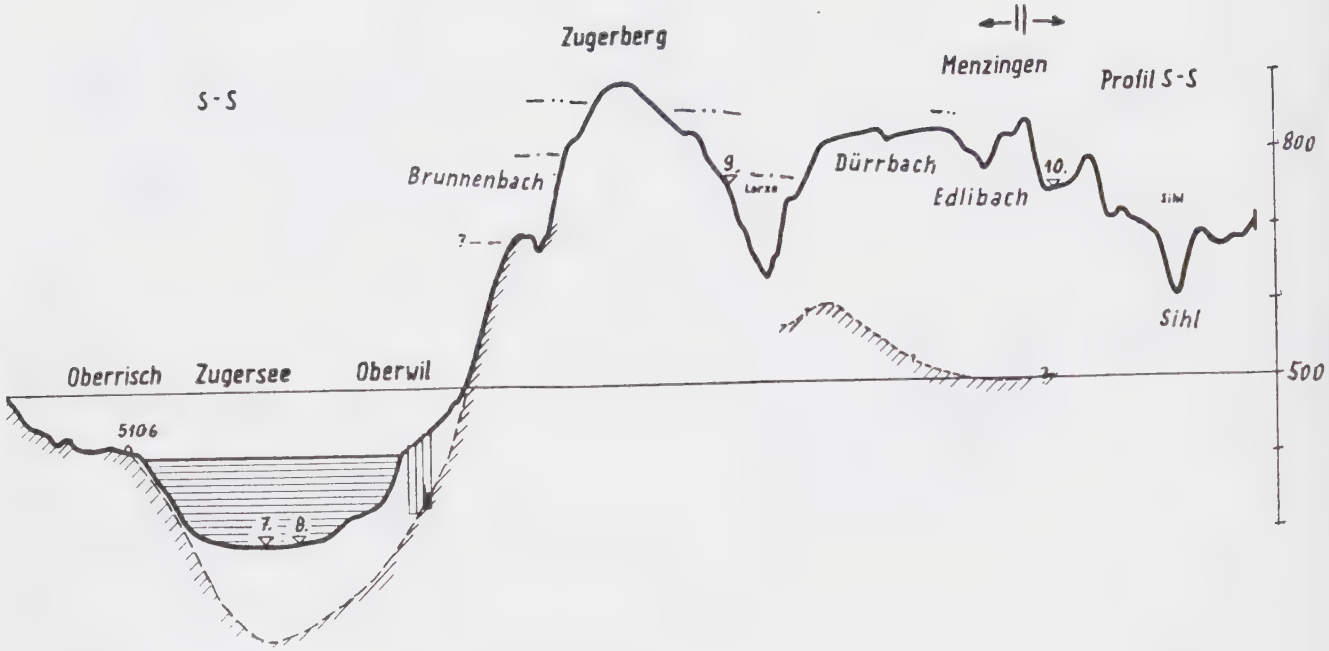
Im Hurdenstadium stirnte der Gletscher bei Cham, bildete die Wallmoränen (von denen nur noch Teile vorhanden sind) bei Steinhausen, Blickensdorf, Baar, Zug.

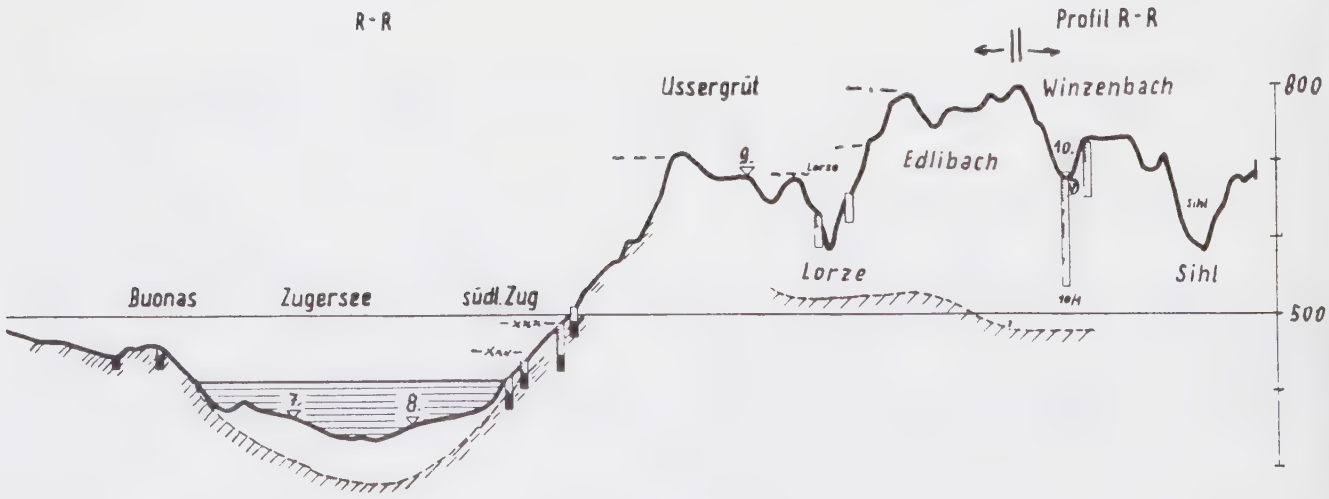
Südlich der Felsnase vom Meissenberg - St. Karl sind in der Gegend Oberwil in verschiedenen Bohrungen mächtige Schotter (noch unbekannten Alters) sondiert worden. Bei 681.32o/ 222.38o 434 müM zeigt eine representative Kernbohrung zuoberst nach künstlicher Auffüllung und kiesigem Bachschutt bis 9,om eine mächtige Schotterschicht bis 75,5m Tiefe, unterlagert von einer Moräne bis zum Fels auf 77,1m (vgl. Querprofil S-S).

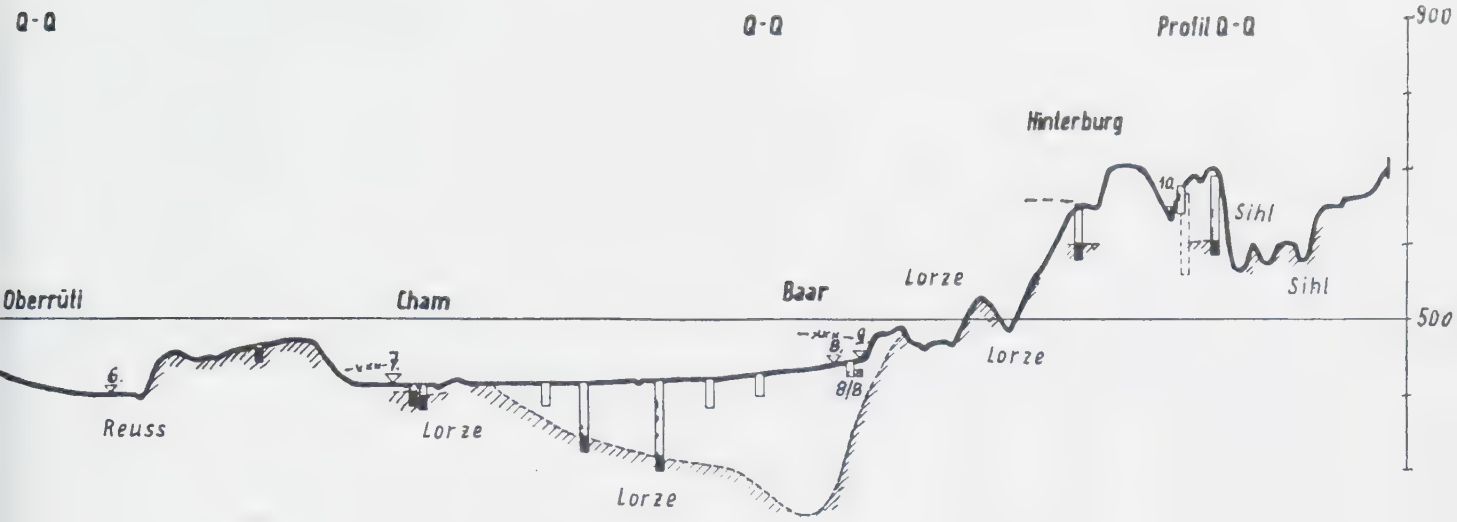
Die jungen Sedimente in der Baarer-Zuger-Ebene setzen sich in der Talachse gegen den See zu aus meist feinkörnigen Ablagerungen bis in grosse Tiefen zusammen, gegen Baar zu überlagert von Lorzeschottern.


Walchwilerberg
Nollenbach
Lotenbach
Wissenbächli
U-U
Profil U-U
Ägerisee
Oberägeri
Hüribach
Dorfbach
5010
Dorfbach
5122
Zugersee
900
500
200


Hintergeissboden
Wilerberg
Profil T-T
T-T
Unterägeri
Rämselbach
Lorze
5111
Zugersee
900
500
200


S-S
Zugerberg
Menzingen
Profil S-S
Brunnenbach
Dürrbach
Edlibach
Sihl
Oberrisch
Zugersee
Oberwil
5106
7.
8.
9.
10.
800
500

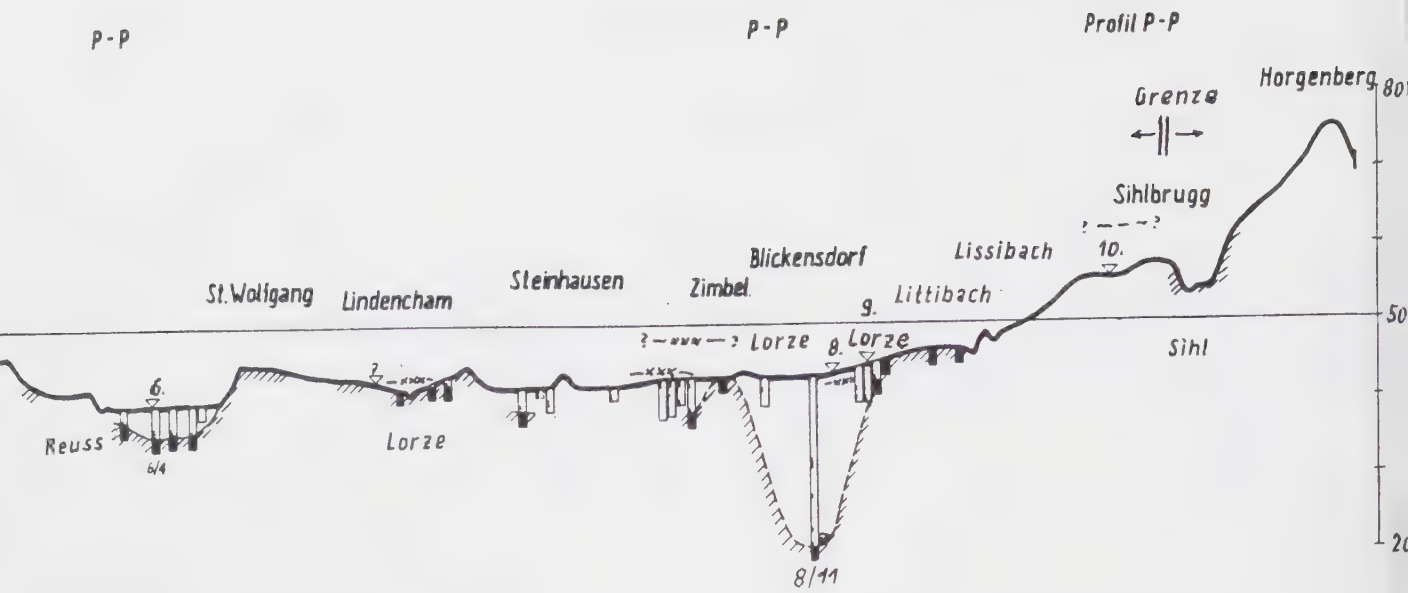

R-R
Profil R-R
Ussergrüt
Winzenbach
Edlibach
Lorze
Sihl
Buonas
Zugersee
südl. Zug
7.
8.
9.
10.
800
500



Auf der Westseite in der Städtler Allmend, 678.5o6/227.557 42o müM ist nach 8,4m siltigen Seeablagen eine Moräne bis Bohrende auf 16,om lokalisiert worden. Bei 678.32o/228.46o 435 müM sondierte man 4,3m Moräne, bis 2o,5m meist sandige, oft geschichtete siltige Seeablagerungen, bis 25,5m Kiese und Sande, bis 27,2m untere Moräne, gefolgt von Fels. Bei Höfen, östlich Steinhausen, 68o.21o/227.55o 426 müM sind 11,7m Moräne, bis 13,6m Kies, bis 2o,6m locker gelagerter geschichteter Sand, bis 24,6m Moräne, bis 27,8m locker gelagerter Kies, unterlagert von hart und dicht gelagerten Sanden und Silten vorhanden. Der Fels wurde bei Bohrende von 5o,om noch nicht angetroffen.

Bei Kollermühle 679.312/226.3oo 417 müM durchfuhr man bis 5o,om Tiefe meist weiche, siltige Seeablagerungen, darunter Abfolgen von härter gelagerten Moränen und siltigen Ablagerungen, bis zum Fels auf 73,6m Tiefe. In Zug findet man in der Ebene am See meist bis in grössere Tiefen reinen Sand. 681.61o/224.72o 419 müM zeigte bis 27,7m Sand, bis Bohrende auf 31,om Moräne. Bei 8/5 681.39o/225.1oo 418 müM gab es bis zum Bohrende auf 31,5m nur locker gelagerter Sand mit wenig weichen, siltigen Zwischenlagen. Bei der neuen Kantonsschule Zug 682.3oo/225.7oo 43o müM ist bis auf 33,5m Sand mit Lagen von geschichteten Silten erbohrt worden.

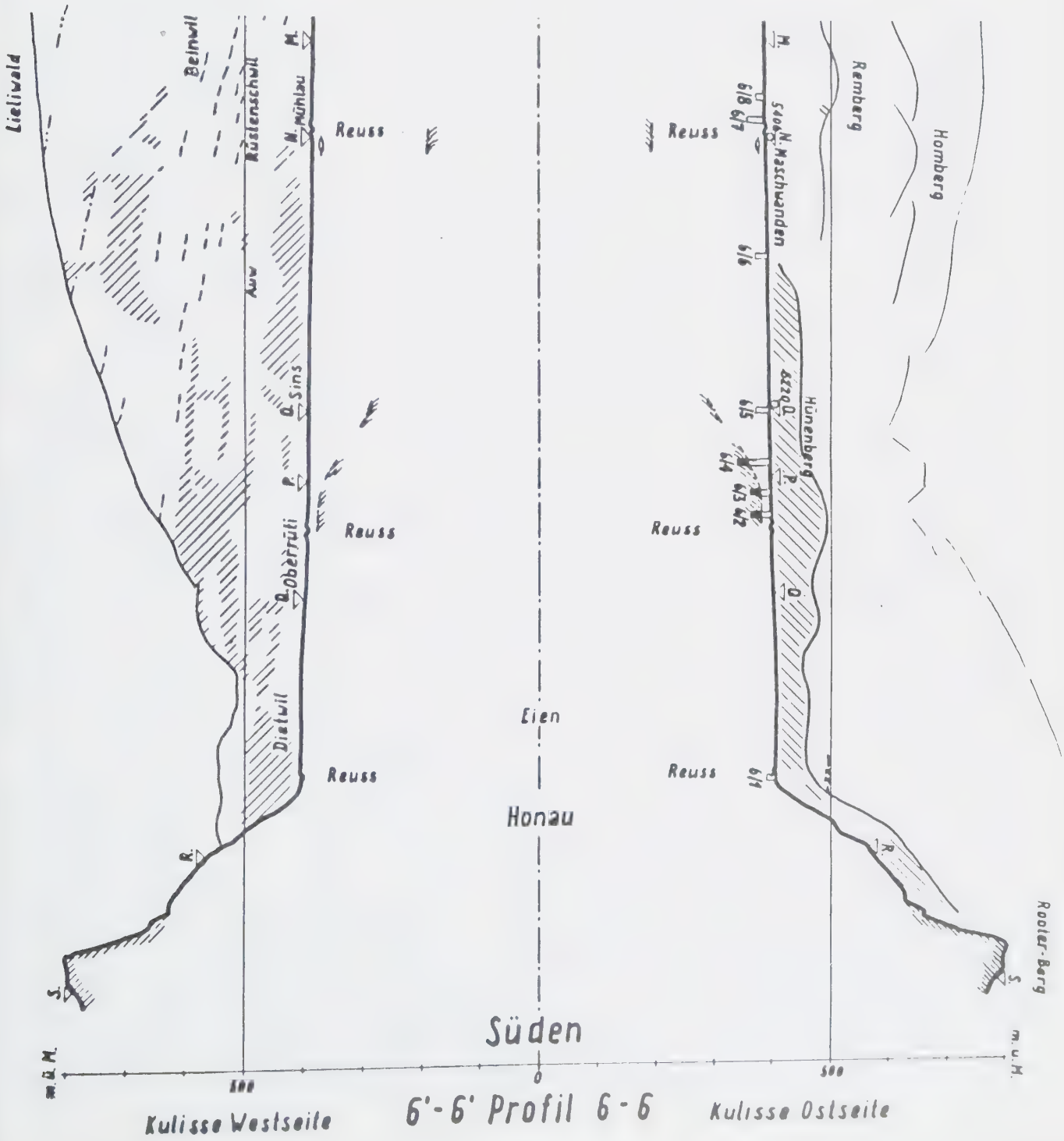
In Baar ist bei 9/9 682.362/228.678 441 müM bis 4,om Silt mit organischen Beimengungen, bis 16,5m Lorzeschotter, bis 27,5m weiche geschichtete siltige Seeablagerung durchfahren worden. Unterhalb 27,5m sind bis 41,5m ebenfalls Silte, die aber hart gelagert sind, darunter Moräne bis Bohrende auf 48,3m vorhanden. Nordöstlich von Baar eruierte man bei 683.16o/228.46o 449 müM bis 8,6m Kiese und Sande, bis 9,2m Moräne, bis 27,5m locker gelagerte Lorzeschotter, darunter eine wenig mächtige Moräne, gefolgt bis Bohrende auf 5o,om von halbfesten (?) geschichteten Seebodenablagerungen.

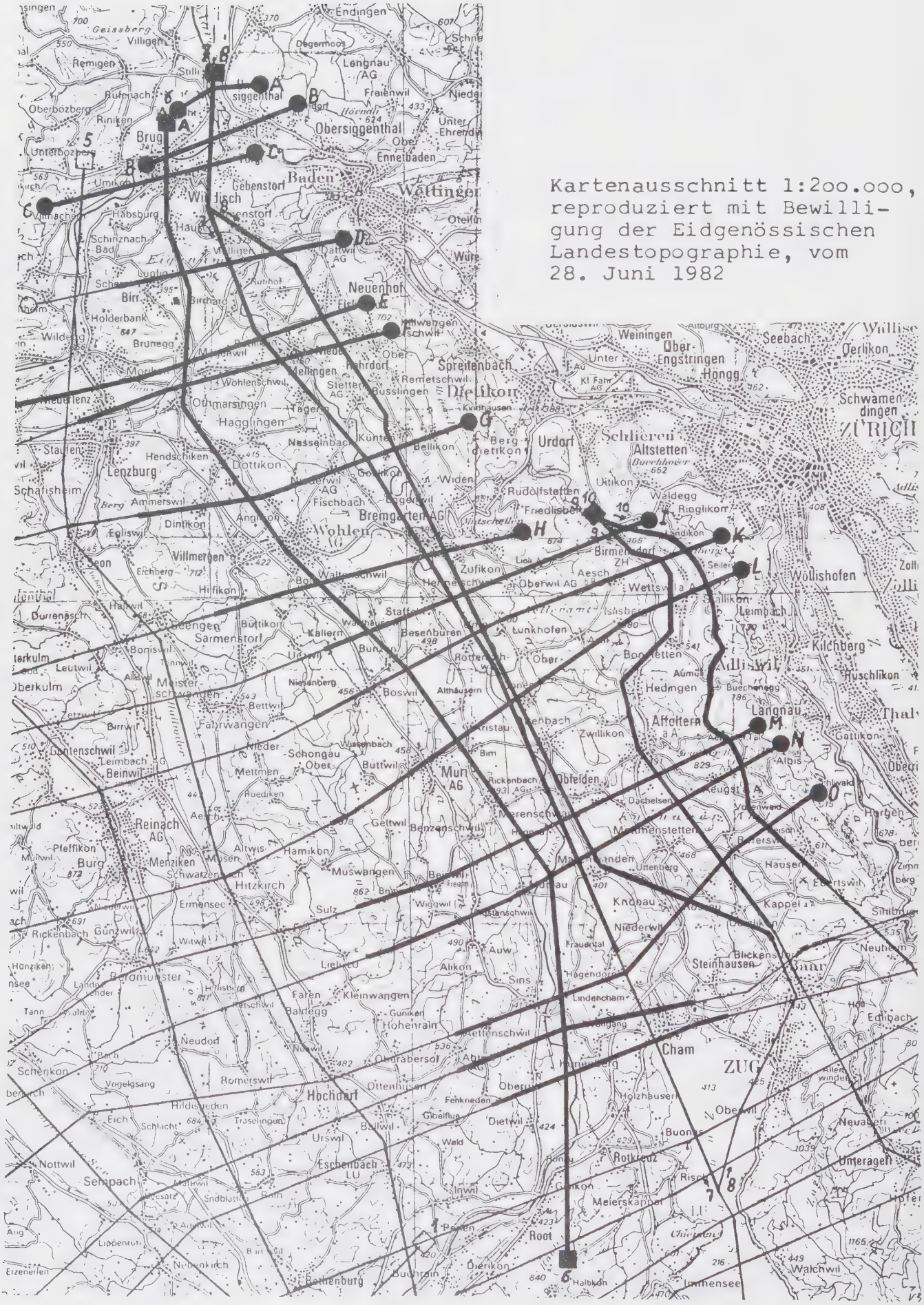


Zahlreiche Bohrungen im Gebiet Baarerbecken und am Hang gegen Blickensdorf dokumentieren, dass im tieferen Bohrteil "alte" dicht gelagerte Sande, Kiese, Moränen, ect. (also prähochwürmzeitliche Ablagerungen) die Aussagen im vorherigen Abschnitt lo untermauern.

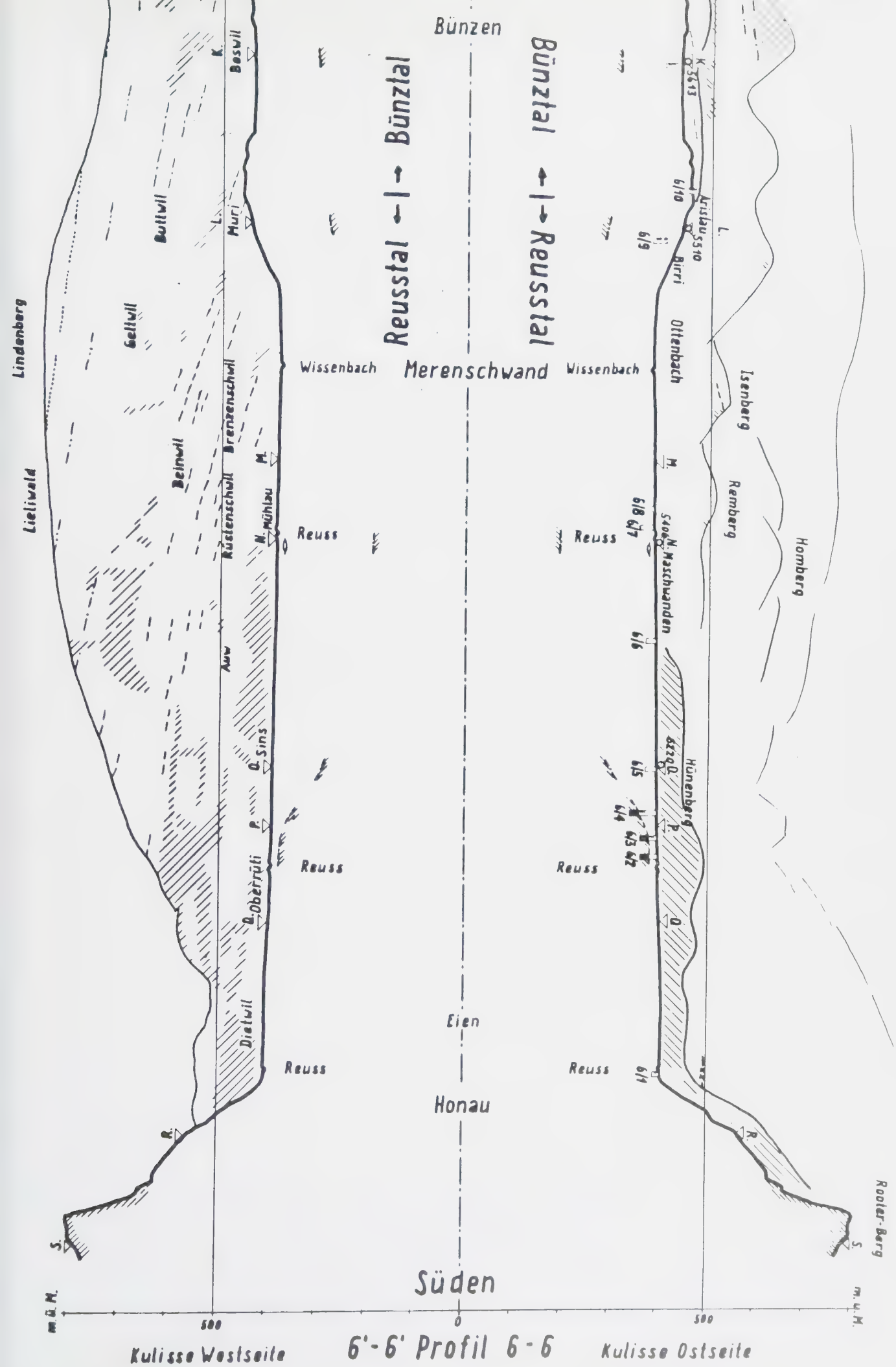
1o.2 Das Reuss- und Bünztal und die östlichen Randgebiete des Reussgletschers

Beim Eisaufbau musste der Arm, der über das heutige Zugerseegebiet vorstiess, bei Cham-Steinhausen nur Höhen von knapp 43o müM überwinden. Auch der Ast, der über die Region Luzern, entlang dem Süd- und Südostende des Lindenberges vorrückte, musste eine Felsschwelle, die heute von Lockergestein zugedeckt ist, überqueren. Ich vermute, dass die höchste Stelle etwa bei Oberrüti liegen muss, doch ist diese These noch nicht mit Daten belegt. Durch eine Anzahl Bohrungen, die die ganze Talbreite abdecken, ist der Felsverlauf im Dräliker-Boden, (westlich Ober-Hünenberg - vgl. Profil P-P auf übernächster Seite) bekannt. Der Fels ist überall untief angetroffen worden.



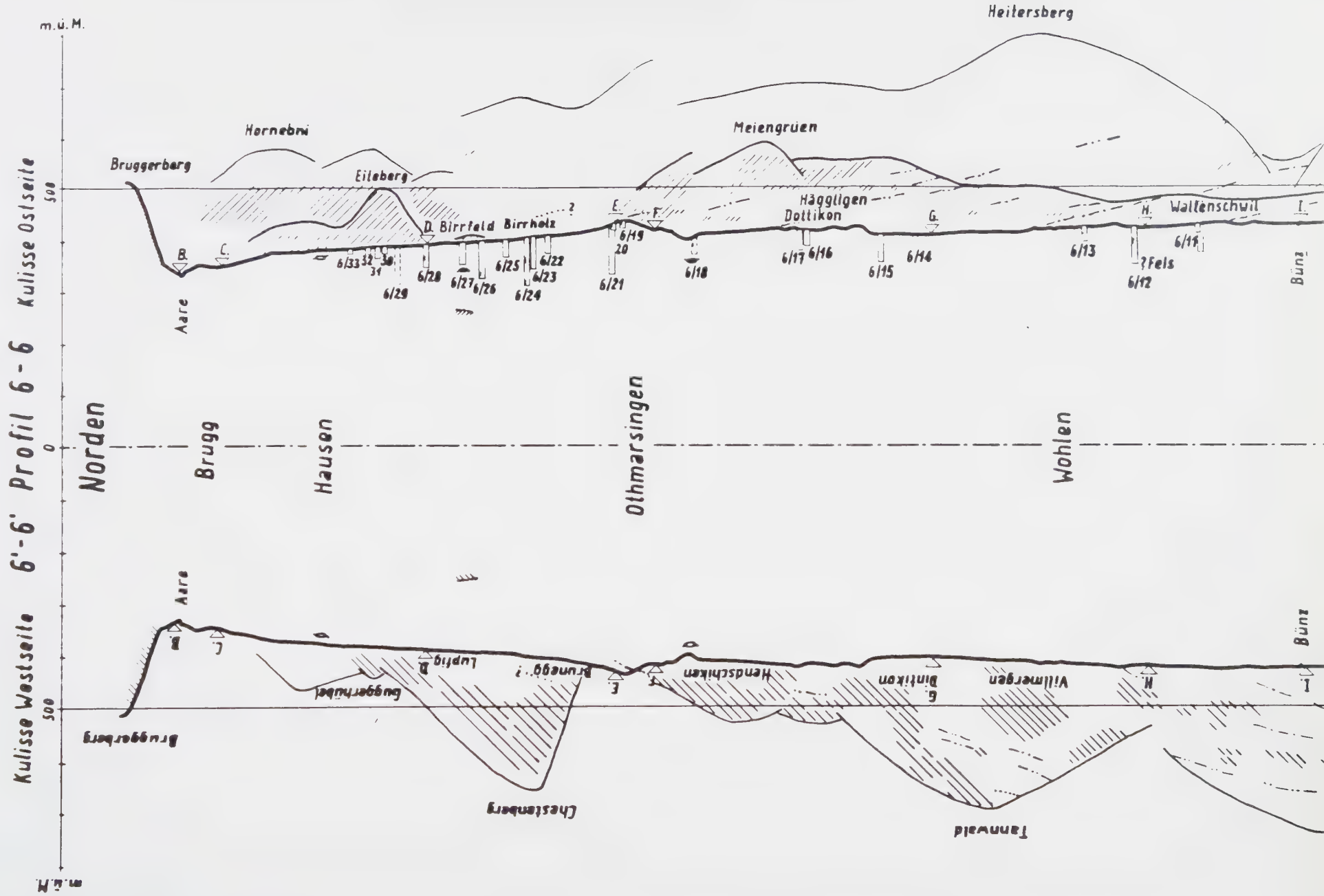


Kartenausschnitt 1:200.000, reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie, vom 28. Juni 1982



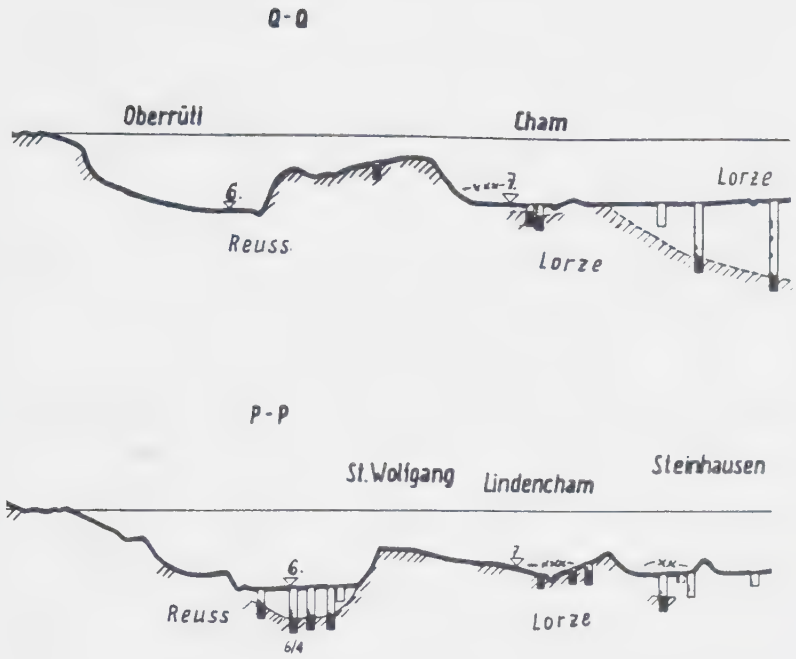
6'-6' Profil 6-6

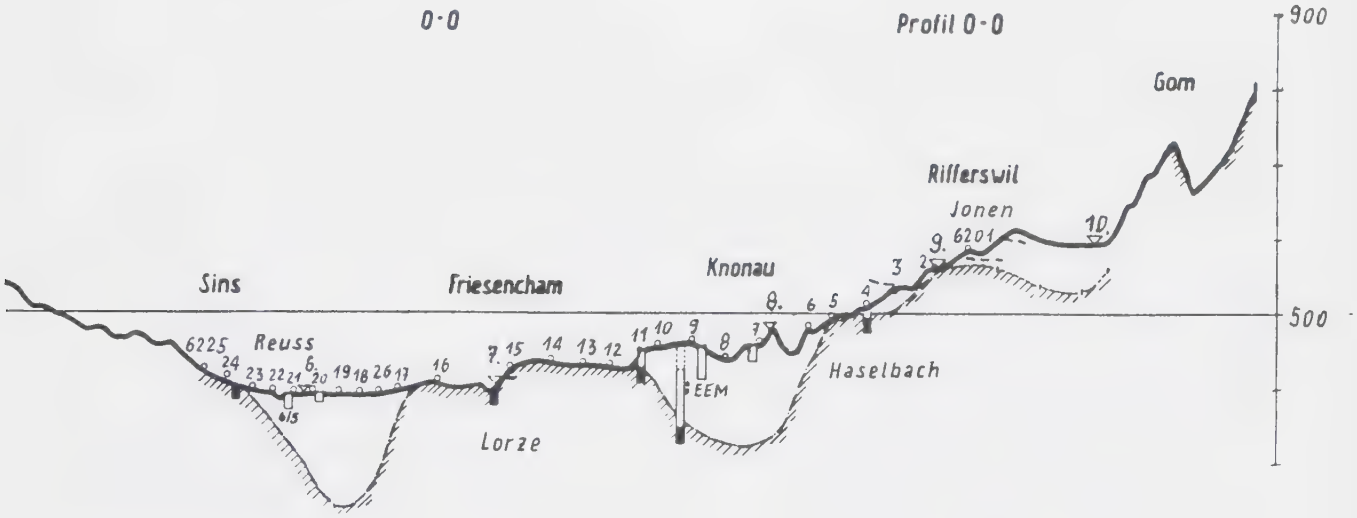
Bünztal - Reusstal

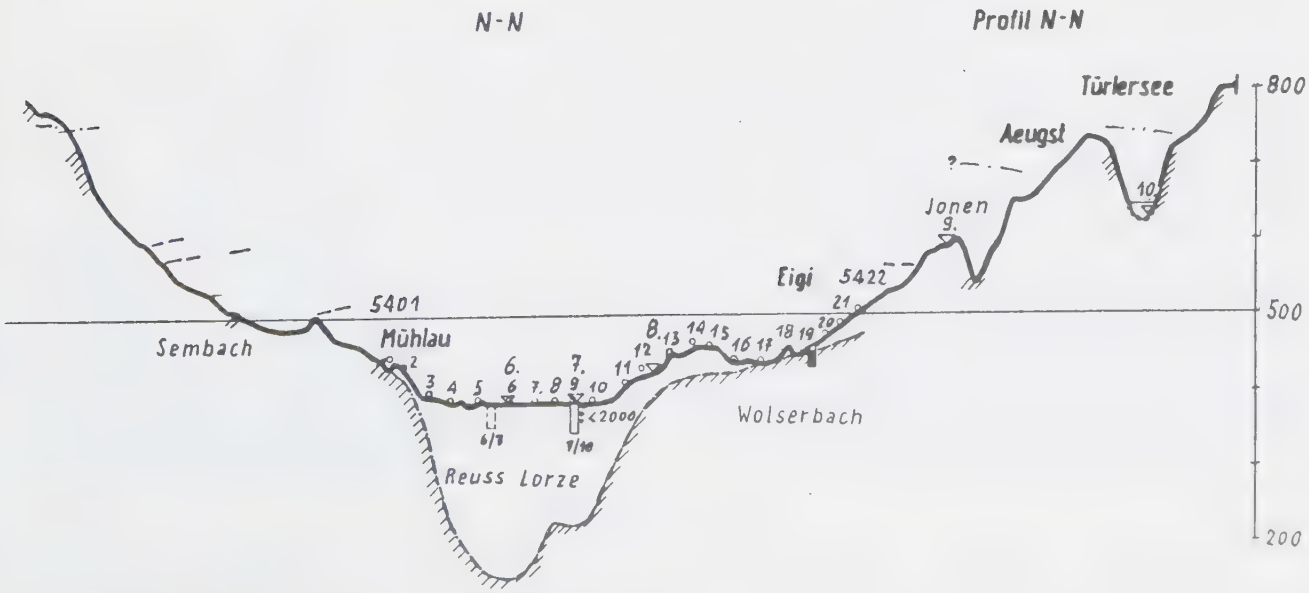


6'-6' Profil 6-6
Kulisse Ostseite
Kulisse Westseite
m.ü.M.
500
0
Norden
Brugg
Hausen
Othmarsingen
Wohlen
Bruggerberg
Hornebni
Eileberg
Meiengrüen
Heitersberg
Häggligen
Dottikon
Waltenschwil
Birrfeld
Birrholz
Aare
Bünz
Lupfig
Bruggerhübel
Chestenberg
Hendschiken
Dintikon
Villmergen
Tannwald

Wie der Uebergang bei den Bohrungen 6/2 und 6/3 zu 6/4 zeigt, fällt der Fels gegen Norden zu ab, wobei überall die gleiche Schichtabfolge - sandige Verlandungssedimente - locker gelagerte Flussschotter siltige, geschichtete, meist weich gelagerte Seeablagerungen - Moräne - Fels - erbohrt wurde. Bei 6/2 673.66o/ 225.56o 398 müM ist die sandige Schicht bis 1,2m, Kiesschicht bis 7,om, Lehmschicht bis 14,8m, Moräne bis 16,5m, darunter Fels angetroffen worden.







6/3 673.7oo/225.95o 398 müM brachte den Uebergang Kies/Lehm bei 6,8m, Lehm/Moräne bei 12,7m und Moräne/Fels bei 14,om. Bei 6/4 673.63o.226.45o 397 müM stellt sich bis 1,8m torfiger Silt ein, bis 9,om Kies, bereits bis 28,5m geschichteter Silt, bis 38,om Moräne, darunter Fels (Kote 359 müM).

Das Gravimetrieprofil Nr. 62 Rifferswil belegt, dass die Uebertiefung bei Sins bereits ca. 14om beträgt. (Kote des tiefsten Punktes der Felssohle ca. 25o müM).

In der Gegend nördlich Sins sind die beiden vorher beschriebenen Arme zusammengeflossen und beim weiteren, sukzessiven Eisaufbau weiter nach Norden gestossen.

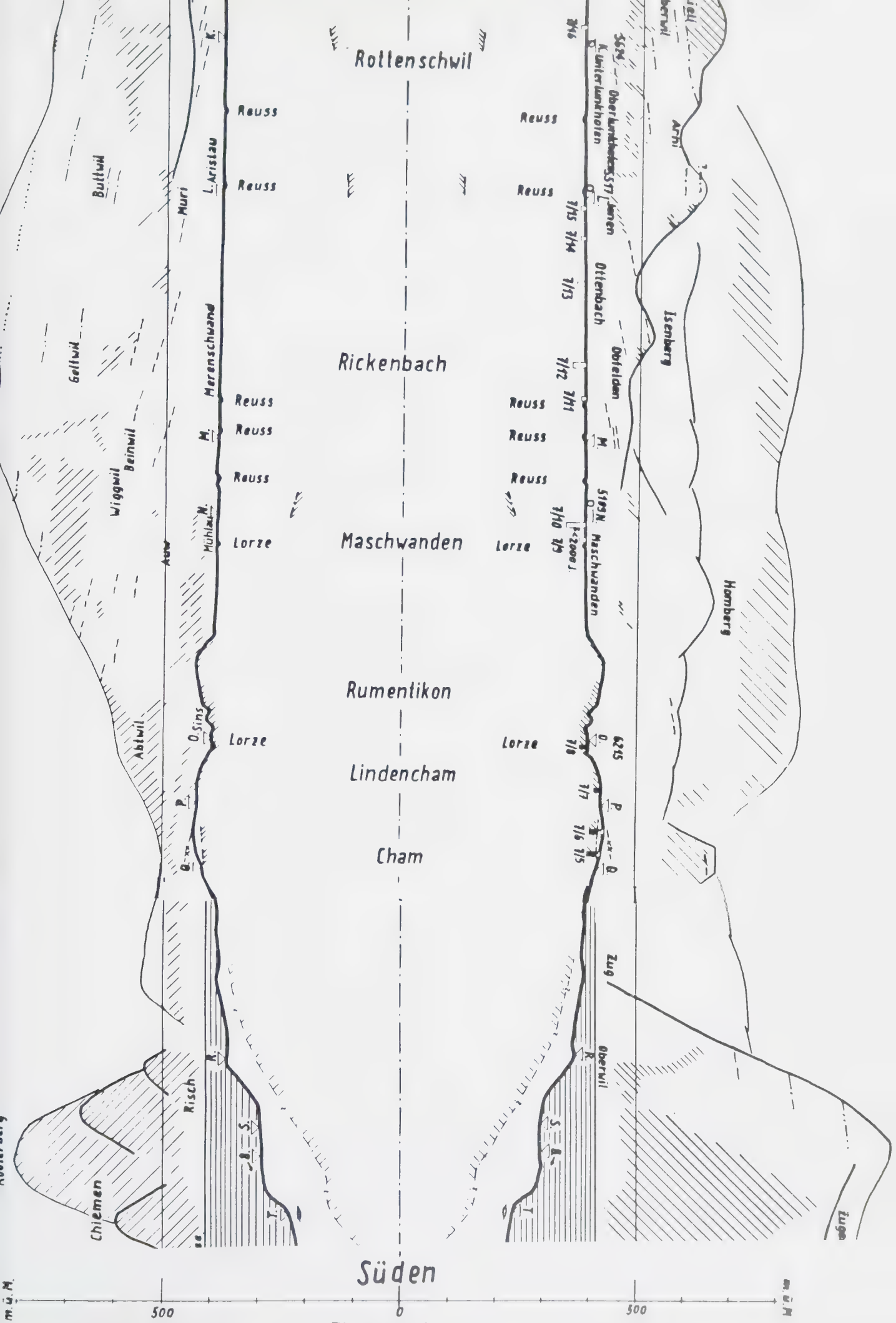
Gravimetrieprofil Nr. 54 Mühlau verdeutlicht die Situation, nachdem sich die beiden Rinnen vereinigt haben. (vgl. Querprofil N-N, Kote des tiefsten Punktes der Felssohle ca. 15o müM).

Ein Molassekeil, der im Norden bei Meiengrün (nördlich Hägglingen) 59o müM und am Riglisberg, westlich Tägerig 55o müM erreicht, sinkt gegen Süden langsam ab. Er lässt sich an Hand verschiedener Felsaufschlüsse verfolgen, wobei sich der Südlichste östlich Wohlen befindet. Südöstlich von Wohlen - Fischbach "taucht der Keil" ein. Beim Gletscheraufbau hat dieser Molassekeil den Eisstrom in einen Bünz- und Reusstal-Lappen aufgeteilt.

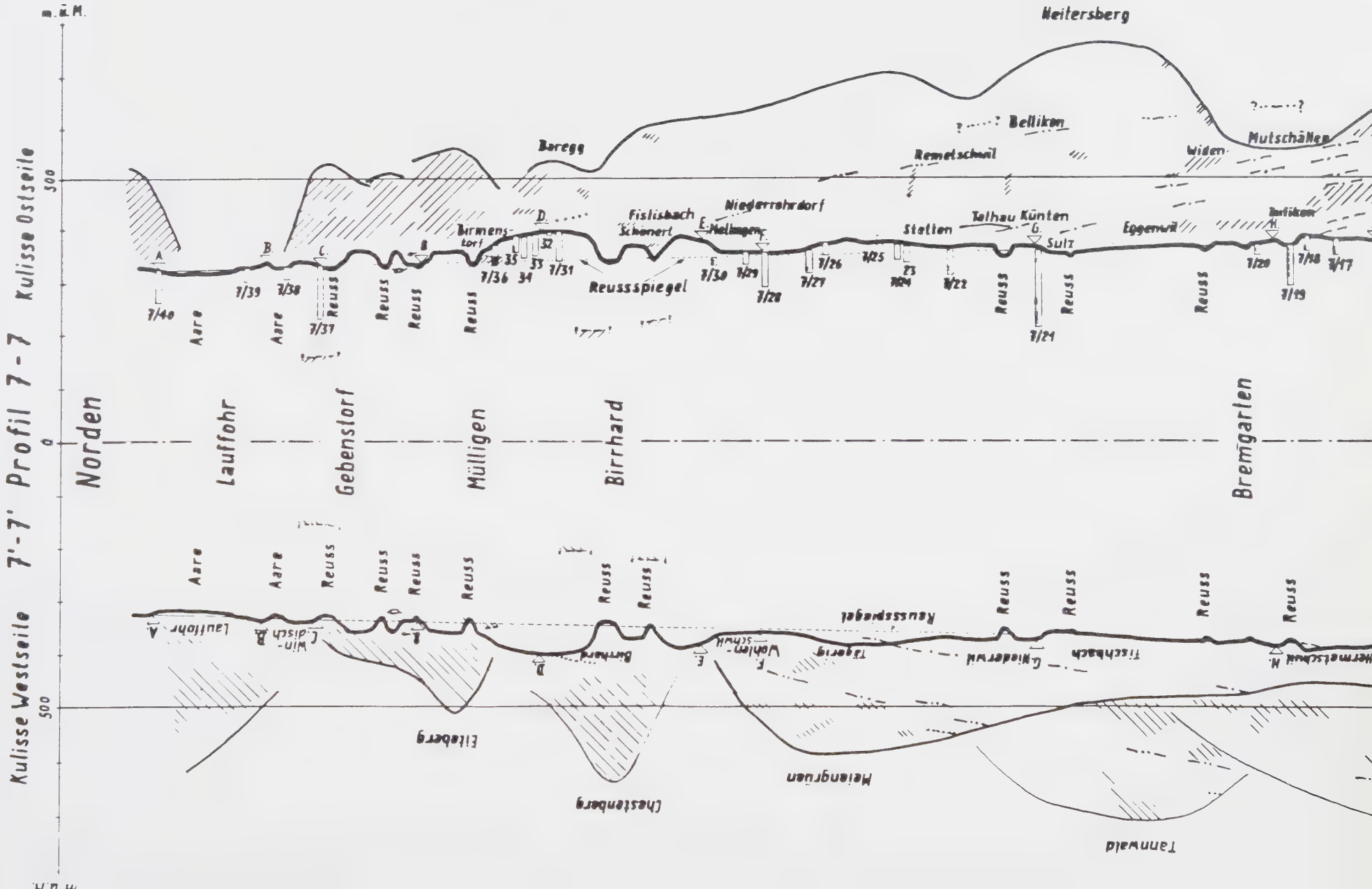
Der "Eingang" ins Bünztal ist aus dem Blockdiagramm Bünz-Reusstal, das von 665.ooo bis 673.5oo und 237.ooo bis 244.ooo reicht, ersichtlich.

Im Bünztal ist das Eis im 1. Maximalstadium bis in die Birch nördlich Othmarsingen eingedrungen. Die Moränen des Maximalstadiums befinden sich bei Othmarsingen und Hägglingen. Ein innerer Stand lässt sich an Hand der Moränenwälle bei Dintikon über Dottikon dokumentieren. Beim Eisrückzug stirnte der Gletscherarm (Schlierenstadium) bei Wohlen, was sich durch nicht markante Relikte von Wällen, etwas besser an Hand von Seitenmoränen nördlich Waltenschwil, zeigen lässt. Im Zürichstadium stirnte der Gletscher bei Boswil - Waltenschwil - Bünzen. Bei einer innern Staffel kam es zur Ausbildung des Moränenzuges östlich Besenbüren - Reitwald - Chapf - Chlauswinkel nach Maiholz, der das Bünztal vom Reusstal trennt.

Im Reusstal stiess das Eis im 1. Maximalstadium bis ins Birrfeld vor. Dabei wurde der Eisstrom durch einen "Molassehügel" bei Rütihof bei Mellingen aufgeteilt. Westlich dieses Hindernisses drang Eis bis in die Gegend Mägenwil - Birretholz - Bleicherhölzli - Buechholz - Lindmühle, östlich davon bis ins Lindenstaldenzelg vor. Noch im Maximalstadium blieb es bei einer kleinen Aufteilung des Reusstallappens, wie die Lage der teils markanten Endmoränen von Wohlenschwil, westlich Büblikon, Gruemet, östlich Rütihof, bei Fislisbach und Niederrohrdorf verdeutlicht. Vor allem auf der Ostseite lässt sich auch ein markanter innerer Wall südlich Niederrohrdorf feststellen. Eine Schmelzwasserrinne verläuft über Fislisbach, Meierhof gegen Baden ins Limmattal. Eine Seitenmoräne zieht am Heitersberg aufwärts.



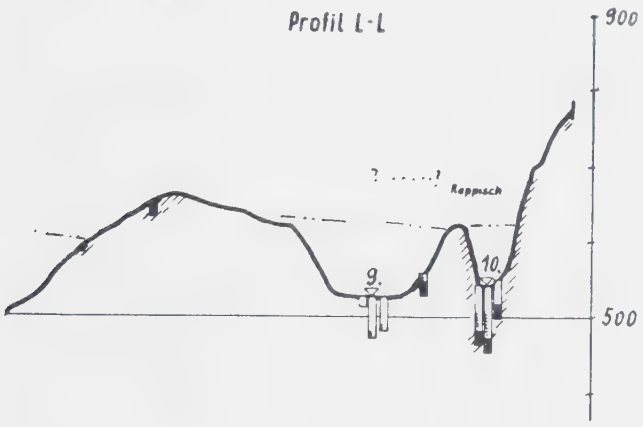
Kulisse Westseite 7'-7' Profil 7-7 Kulisse Ostseite



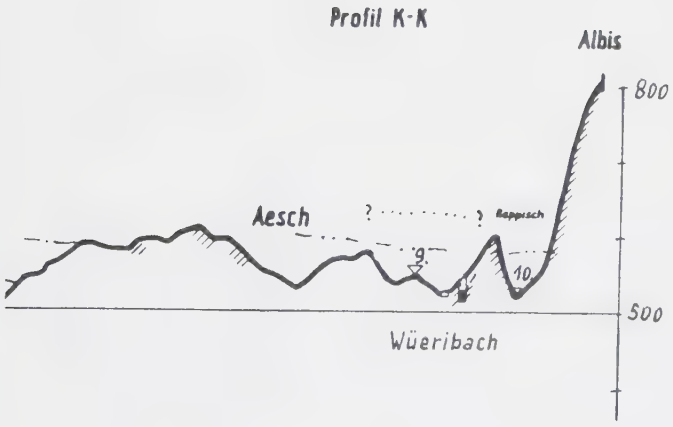
Kulisse Ostseite
Kulisse Westseite
7'-7' Profil 7-7
m.ü.M.
500
0
500
Norden
Lauffohr
Gebenstorf
Mülligen
Birrhard
Bremgarten
Heitersberg
Baregg
Bellikon
Remetschwil
Widen
Mutschällen
Birmenstorf
Fislisbach
Schönert
Niederrohrdorf
Mellingen
Stetten
Talhau
Künten
Sulz
Eggenwil
Dufikon
Reussspiegel
Aare
Reuss
Lauffohr
Win-disch
Birrhard
Wohlen-schwil
Tägerig
Niederwil
Tischbach
Hermetschwil
Eiteberg
Chestenberg
Meiengrüen
Tannwald

Der Wall lässt sich über Remetschwil - Bellikon verfolgen. Im Maximalstadium überfloss das Eis den Mutschellen. Das Eis reichte am Pass auf eine Höhe von ca. 6oo - 65o müM und es fand eine Transfluenz über Bergdietikon ins Limmattal statt.

Im Schlierenstadium stirnte das Eis bei Stetten. Es lassen sich markante Wälle bei Niederwil, Löli, Stetten, Talhau, Hau, Giren, nach Berikon verfolgen. Dieser Seitenmoränenzug beweist, dass der Mutschellenast im Schlierenstadium keinen Eisnachschub mehr erhielt, zeigt aber auch, durch das Einbiegen der Wälle bei Arni, dass noch im gleichen Zeitabschnitt Eis gegen Aesch-Birmensdorf zugeflossen ist.



Dies würde bedingen, dass im 1. Maximalstadium Eis über Birmensdorf hinaus nach Urdorf, evt. gar ins Limmattal vordrang. Da bei Birmensdorf noch Eis vom Süden her zustiess und zudem der Attenberg ein topographisches Hindernis bildete, ist die Situation in der Gegend kompliziert. Wegen Fehlen von Bohrinformationen sollte die These, dass das Eis im Maximalstadium wenig über Blickensdorf stirnte näher untersucht werden. Eine Stirnmoräne bei Urdorf untermauert diese Annahme. Dies würde weiter bedingen, dass die Stirnmoräne bei Wettswil einem innern Wall des Maximalstadiums zugehört.

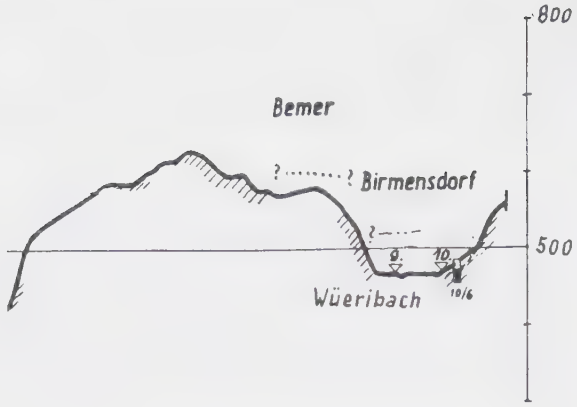


Nachfolgend werden zuerst die Sondierergebnisse aus dem Tal zwischen Affoltern a.A. und Wettswil, und dem Reppischtal beschrieben.

Im Zungenbecken von Wettswil-Bonstetten sind mehrere tiefe Sondierungen ausgeführt worden.

Bei 9/18 Bonstetten 677.64o/ 241.38o 528 müM förderte man bis auf ca. 55,4m siltige, feingeschichtete Seebodenlehme, (wobei die unteren Partien fest gelagert waren und die Feinschichtung teils sekundär deformiert war), unterlagert bis Bohrende auf 57,5m von Moräne.

Profil I-I



9/19 südlich Wettswil 677.74o/242.9oo 526 müM zeigte bis 4o,6m weiche Seeablagerungen, bis 41,om moränenartiges Material, bis 52,5m fester gelagerte, siltige Seeablagerung (prähochwürmeiszeitlich?), gefolgt bis Bohrende auf 53,om von kompakter Moräne.

Auch bei 9/2o 677.75o.243.35o 525 müM waren die obersten 2o,om weiche, siltige Seeablagerungen, bis 31,om siltige und sandige, härter gelagerte Seeablagerungen, bis Bohrende auf 35,om Kies.

Bei 9/21 677.539/243.726 525,5 müM waren die Seeablagerungen bis 29,1m vorhanden, zuoberst siltig, ab 11,7m sandig, (wobei es bei der Bohrung im geschichteten, sandigen Teil zu Grundbruch kam), von 29,1m bis 33,6m folgte Moräne.

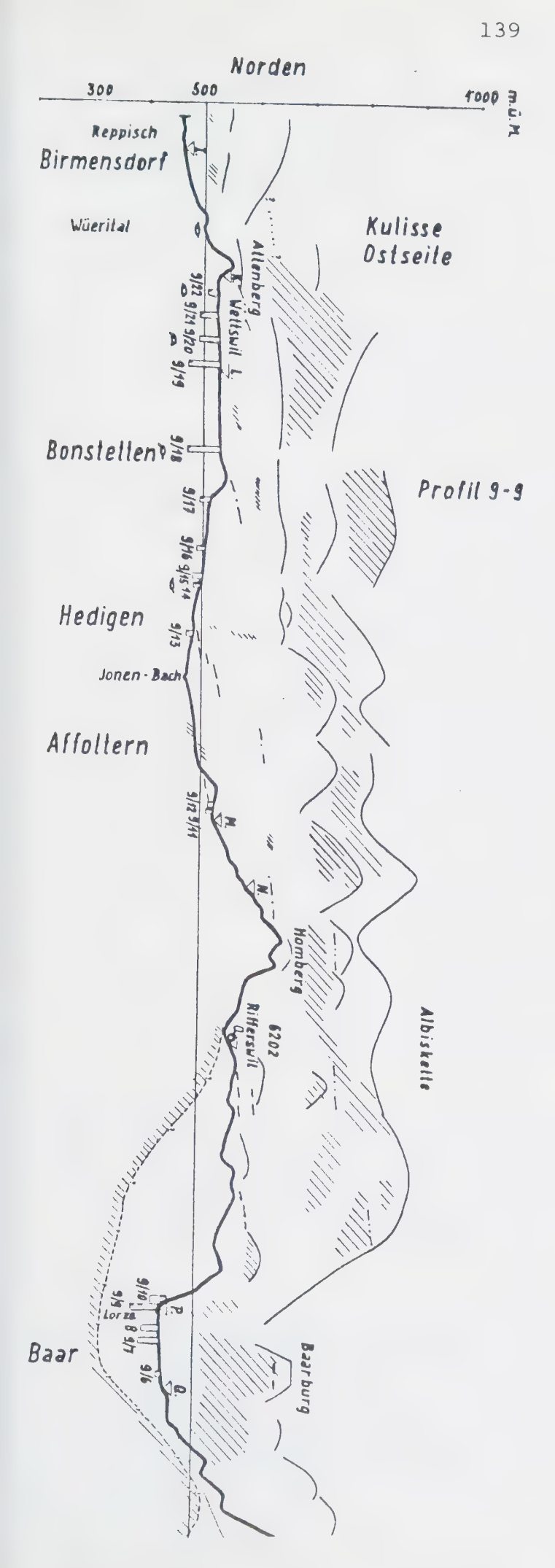
Bei 9/22 677.334/244.o42 525 müM erbohrte man die Moräne unter 18,8m Seebodenlehmen.

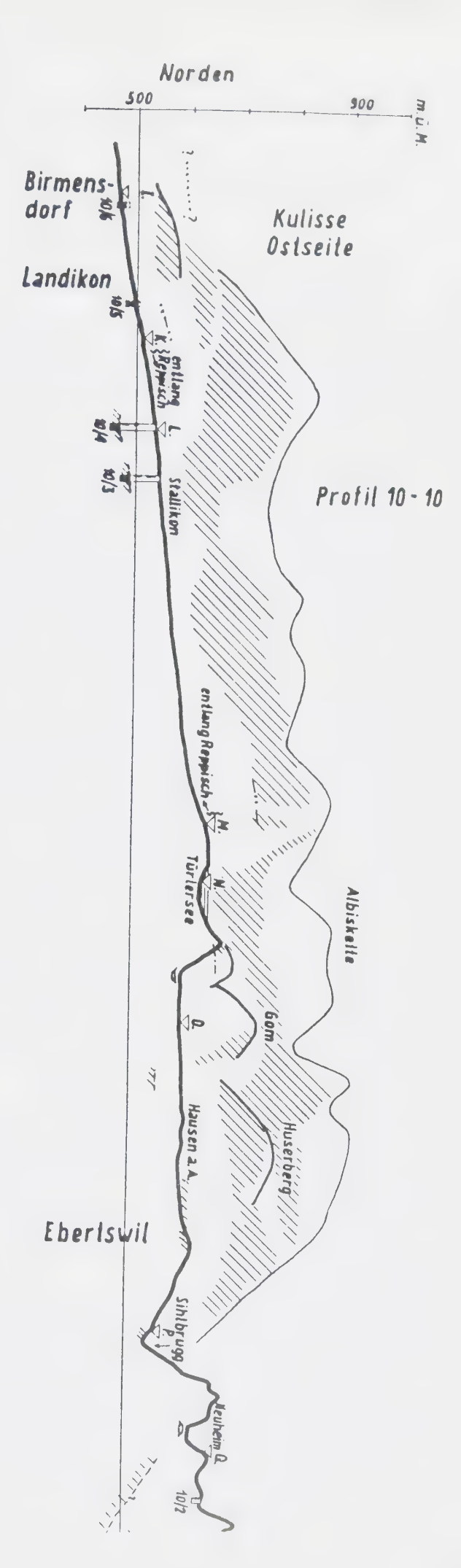
Zum äusseren Zürichstadium gehört die Stirnmoräne von Hedigen, im inneren Zürichstadium verläuft eine "Stirn-Seitenmoräne" über Affoltern a.A. Bei Bohrungen in Richwil, in Dachslen, bei Eigi und bei Unter Mettmenstetten ist Fels nach wenigen Metern Lockergestein vorhanden. Quer zum Knonaueramt zieht eine Felsschwelle zum Isenberg, sodass dem Gletscher das Einfliessen gegen Affoltern nach Norden erschwert war.

Der Felsuntergrund in der Region Mettmenstetten, Türlersee, Hausen a.A., Ebertswil, Kappel a.A., Rifferswil ist wahrscheinlich nicht mächtig von Lockergestein bedeckt. Die Drumlinlandschaft bildete sich zur Zeit des Zürichstadiums. Die Gravimetrieresultate Gassmann (1962) lassen auf ein Zungenbecken zwischen Huser-Allmend und Hausen schliessen, doch fehlen dazu Bohrbeweise für eine mögliche Abgrenzung.

Im engen Reppischtal sind zwei Bohraufschlüsse in der Talachse vorhanden. (Zuden sind einige Bohrungen an den Talhängen ausgeführt worden, die untief auf Fels stiessen.) 1o/3 bei Stallikon 679.3oo/242.42o 544 müM zeigte zuoberst heterogenen Silt, Kies, Sand bis 1o,5m, bis 14,8m geschichtete, feinkörnige Seeablagerung, bis 23,5m Kies, bis 32,om Moräne, bis 36,2m Gehängelehm mit Moränematerial, darunter Fels.

Bei 1o/4 679.21o/243.34o 545 müM fand man den Fels erst ab 67,om. Zuoberst durchbohrte man Gehängelehm, bis 51,5m lehmige Schotter, bis 67,om Moräne.


Norden
300
500
1000
m.ü.M.
Reppisch
Birmensdorf
Wüerital
Kulisse
Ostseite
Altenberg
Wettswil
Bonstetten
Profil 9-9
Hedigen
Jonen-Bach
Affoltern
Homberg
Albiskette
6202
Rifferswil
Baar
Baarburg


Norden
500
900
m.ü.M.
Birmens-
dorf
Landikon
Kulisse
Ostseite
entlang Reppisch
Stallikon
Profil 10-10
entlang Reppisch
Türlersee
Albiskette
Gom
Hausen a.A.
Huserberg
Ebertswil
Sihlbrugg
Neuheim

Nachfolgend werden die Bohr- und Gravimetrieergebnisse aus dem Reuss- und Bünztal beschrieben.

Wie früher dargestellt bildet eine Seitenmoräne, im Zürichstadium entstanden, den Abschluss des Bünztales. Seitenmoränen laasen sich an beiden Hängen bis nach Bremgarten, wo sie ins Tal einbiegen, verfolgen. Ein innerer, durchbrochener Wall ist seitlich bei Hermetschwil und im Nueschwald zu erkennen. Auf der rechten Talseite sind die Wälle nur relikt-artig übriggeblieben.

Auch im Reusstal selbst fand ich in der Talachse keine Sondieraufschlüsse bis zum Fels. Es sind diverse tiefere Bohrungen erstellt, doch fehlen vor allem noch Altersangaben, damit die einzelnen Schichten chronostratigraphisch eingegliedert werden könnten.

Beim Eingang zum Bünztal, d.h. in der ganzen Region zwischen den Querprofilen M, L und K sind nur sehr untiefe Sondierungen bekannt. An den Talflanken bei Brenzenschwil, Muri und Boswil sind Bohraufschlüsse, die unterhalb weniger Metern Schotter und Moräne Fels zeigen, vorhanden. Bei Muri, 668.53o/235.86o 463 müM sind die obersten 13,om aus Schotter aufgebaut, darunter liegt eine mächtige Moräne bis 42,5m, unterlagert von Fels. Bei Birri 6/9 669.84o/237.o6o 4o8 müM, zeigte sich 4,5m Kies, bis 1o,om eine obere Moräne, bis 16,5m Kies, bis 25,2m eine untere Moräne, bis Bohrende auf 3o,om ein unterer Kies (mit gespanntem Grundwasser). Bei 67o.o2o/237.2oo 4o1 müM erbohrte man bis 11,5m meist feinkörnige Ablagerungen, bis 16,5m eine kompakte moränenartige Schicht, gefolgt bis 3o,5m von Kies, unterlagert bis Bohrende auf 32,2m von einem beigen, hartgelagerten Sand (nicht Sandsteinfels!).

Bei 6/1o, auf der Krete der Moräne (innerer Wall des Zürichstadiums), 669.15o/237.9oo 471 müM brachte die Bohrung über die gesamten 2o,om trockene, kompakte Moräne mit Blöcken.

Im Reusstal erbohrte man zwischen den Profilen M, L und K an verschiedenen Stellen im südlichen Teil wenige Meter Kies, die gegen den nördlichen Teil zu an Mächtigkeit verlieren und in der Gegend Rottenschwil-Unterlunkhofen ganz fehlen. Unter dem Kies stellte sich überall Reusstallehm ein.

Bei der Reussbrücke bei Obfelden 7/12 672.78o/235.32o 385 müM eruierte man 6,8m Kies, gefolgt bis 1o,om von Sand, unterlagert von monotonen geschichteten Abfolgen von Silt (bis Bohrende auf 31,om). Für Fundationsprobleme untersuchte man die Silte speziell. Die bodenmechanischen Untersuchungen bewiesen, dass diese Silte nicht vorbelastet sind, da sie durchwegs hohen Wassergehalt und niedere Festigkeitswerte aufwiesen.

Aehnliche Ergebnisse brachte auch die Untersuchung bei der Reussbrücke Ottenbach 8/27 672.3oo/236.93o 383,5 müM - bis 8,7m Kies, bis 14,om Sand, darunter weicher Lehm. (Bohrende bei 2o,om).

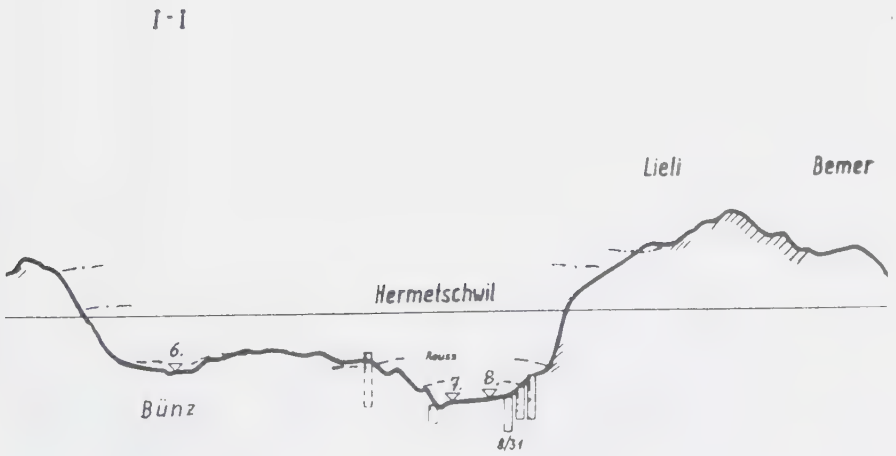
Interessant scheinen mir zwei Bohrergebnisse zwischen Jonen und Oberlunkhofen. Die Bohrung 8/29, nahe am Talrand,

671.6oo/239.96o 381 müM, ergab nach 12,om Sand bis Bohrende auf 5o,om weiche siltige Seeablagerung. Bei der nur wenig entfernten Bohrung, am Hangfuss gelegen, 671.82o/239.77o, 395 müM, sondierte man bis 4,8m obere Moräne, bis 14,9m Kies, bis 3o,3m untere, z.T. verschwemmte Moräne, darunter Fels. Der Fels muss also sehr steil eintauchen.

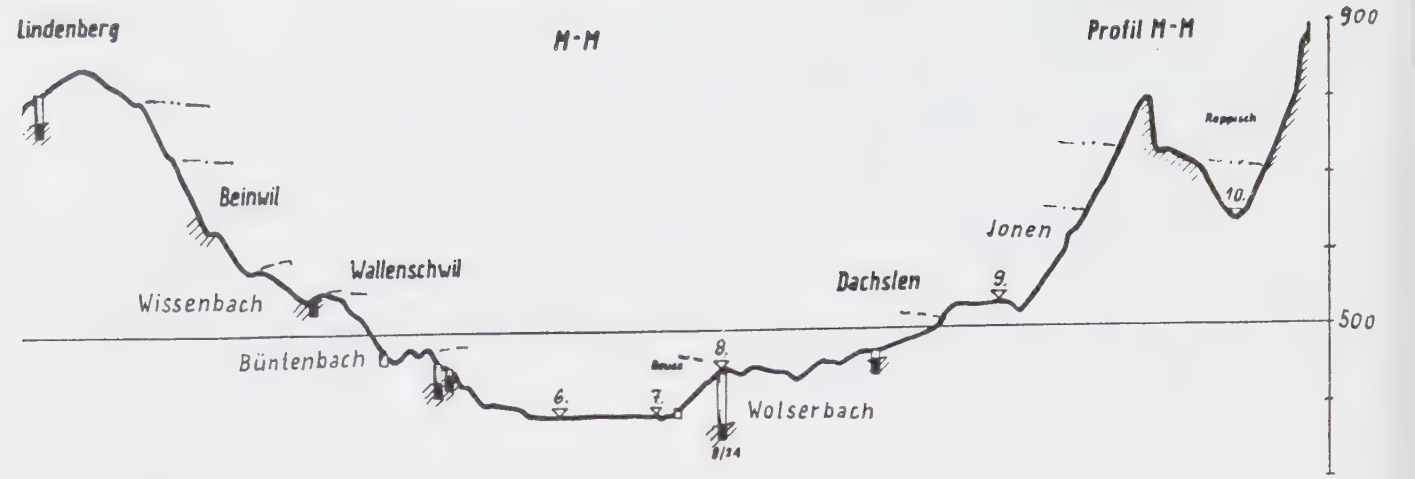
Die geophysikalischen Messungen der Profile Muri Nr. 55 und Boswil Nr. 56, deren Ergebnisse in den Talquerprofilen L-L und K-K dargestellt sind, bestätigen dies. Da die Zusammensetzungen der Lockergesteinsauffüllungen in diesem Talabschnitt nicht bekannt sind, und deren Dichten deshalb geschätzt werden mussten, resultieren bei den Tiefenangaben sicher gewisse Fehler.

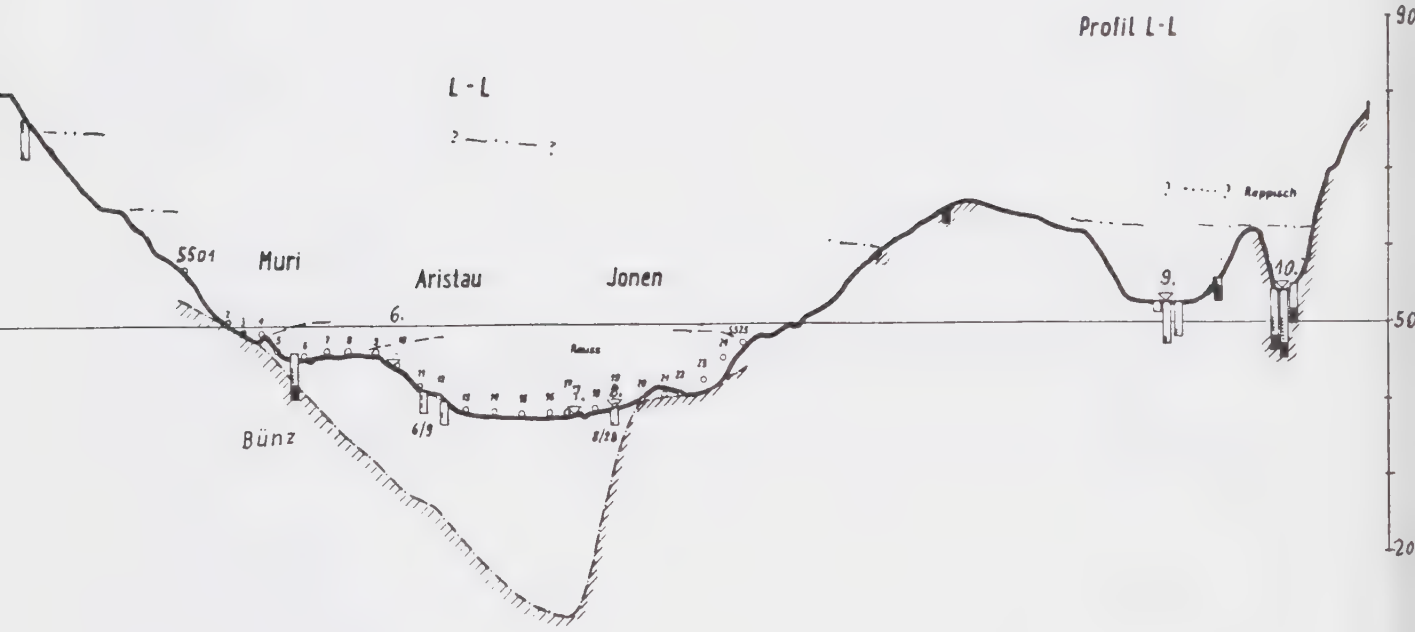
Bei der "Gabelung" der beiden Täler sind mächtige Moränen und Stauschotterablagerungen vorhanden. Bei einer tiefen Bohrung bei Besenbüren 668.64o/241.54o 453 müM, (von der Moräne des Zürichstadiums aus ausgeführt), förderte man bis 28,om Moräne, bis 31,6m Silt zu Tage. Zwischen 31,6m und 33,6m erbohrte man einen "humosen Feinkies" und "rostigen Grobkies" (Bodenbildung), sodass die tieferen Ablagerungen älter sind (absolutes Alter?). Man fand darunter Flussschotter (teils verkitteter Kies) bis 58,5m Tiefe, bis Bohrende auf 7o,om feinkörnige Seebodenablagerungen.

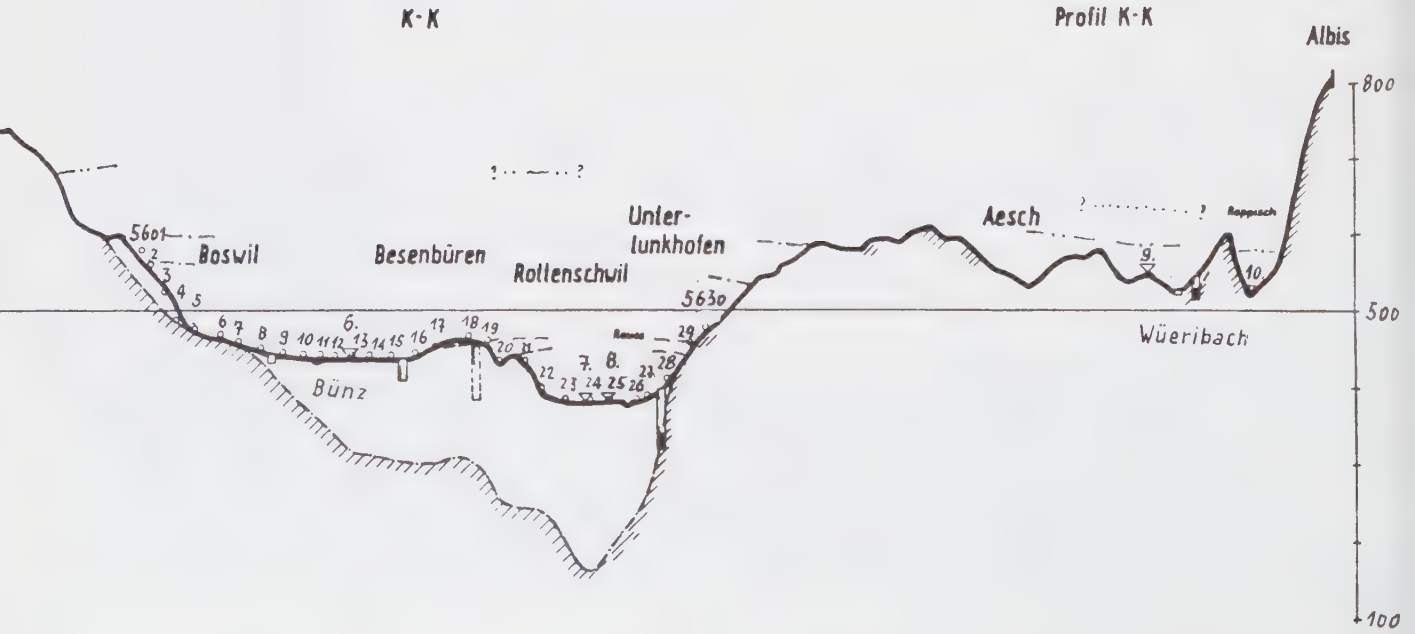
Auf der anderen Bünztalseite bei Boswil 666.233/239.79o 446 müM durchfuhr man bis ca. 3,om feinkörnige Oberflächenschichten, gefolgt bis 12,om von einer Moräne (Zürichstadium), bis 19,om von feinkörnigen Seeablagerungen, unterlagert bis Bohrende auf 2o,om von Kies. Die Pollenflora aus den Seesedimenten unterhalb der Moräne zeigt interstadiale Verhältnisse an. Für die Altersstellung kommt am ehesten Mittelwürm (ca. 25.ooo - 5o.ooo yBP) in Frage (Küttel,1983).



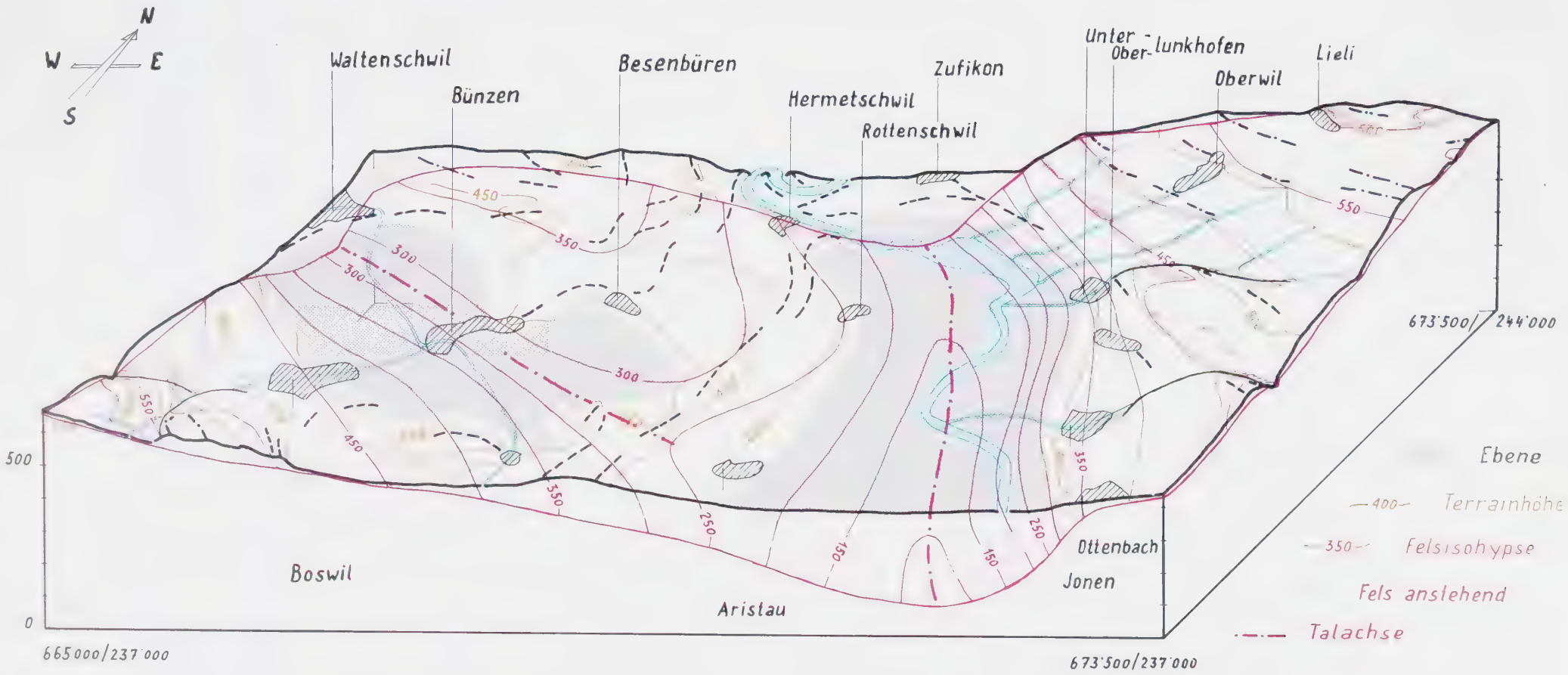
Im Reusstal, im Nüeschwald, fand eine Sondierung 67o.32o/243.o7o, 415 müM statt, (von der Moräne eines inneren Walles des Zürichstadiums aus). Die Bohrkerne erbrachten bis 24,5m Moräne, darunter bis 4o,om heterogen aufgebaut, Sande und Kiese, bis 54,6m feinkörnige, oft geschichtete Seeablagerungen, bis 58,om eine untere Moräne. Nahe dieser Bohrung, innerhalb der Moräne, zeigte sich bei 8/31, 67o.125/242.85o, 387 müM, über die ganze Bohrlänge von 41,om nur Silt und Sand, ausserhalb der Moräne, bei Oberdorf, 669.55o/244.o4o, 4o1 müM, kiesige Ablagerungen über die Bohrlänge bis 2o,om.

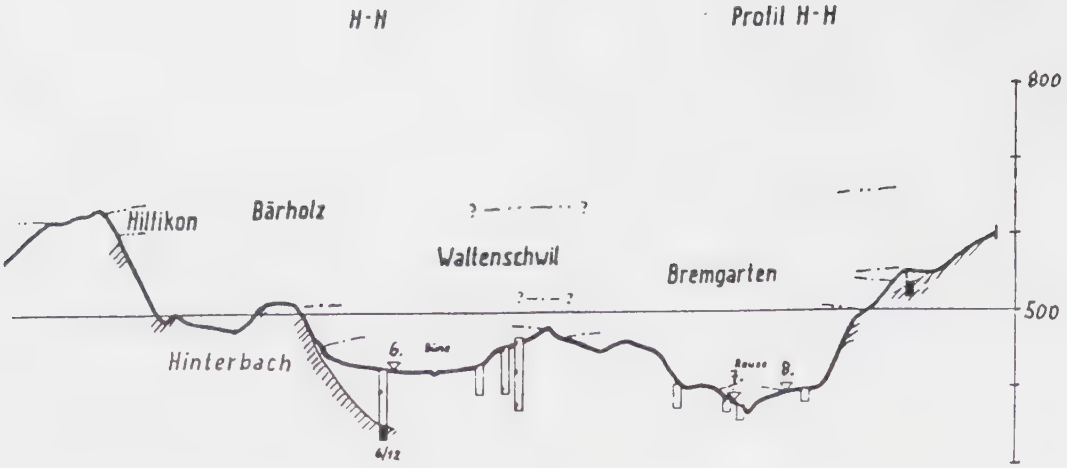

Lindenberg
M-M
Profil M-M
900
Rappisch
Beinwil
Jonen
Wallenschwil
Dachslen
Wissenbach
500
Büntenbach
Reuss
Wolserbach
6.
7.
8.
9.
10.
8/24


Profil L-L
L-L
Rappisch
5501
Muri
Aristau
Jonen
6.
Reuss
9.
10.
Bünz
6/9
8/28


K-K
Profil K-K
Albis
800
Rappisch
5601
Boswil
Besenbüren
Unter-
lunkhofen
Rottenschwil
Aesch
5630
6.
7.
8.
9.
10.
Reuss
500
Wüeribach
Bünz
100

Blockdiagramm Bünz - Reusstal 2.5 fach überhöht





In der Region um Bremgarten (in der Ebene) ergaben alle Sondierungen ähnliche Ergebnisse, indem Moränen, zwischengelagert von feinkörnigen Ablagerungen bis grössere Tiefen gefunden wurden. Repräsentativ ist die tiefste, in der Gegend abgeteufte Bohrung 7/19 668.614/244.o37 372 müM; Nach 7,2m oberster Moräne folgen bis 7,5m geschichtete Silte, bis 11,3m Moräne, bis 38,om eine heterogen zusammengesetzte Schicht, die auf verschwemmte Moräne hinweist, bis 45,5m Moräne, bis 53,om kompakte, horizontal geschichtete Seeablagerungen unbekannten Alters, bis 62,2m wieder Moräne, bis 73,om Silte, teils geschichtet, bis Bohrende auf 78,2m nochmals Moräne. Also wirklich ein komplexer Aufbau.

Westlich Bremgarten, am Hang, sind die Abfolgen deutlich verschieden. Bei 667.36o/244.5oo 4o7 müM folgt nach 1o,om Moräne bis 48,om Schotter, der z.T. verkittet ist, bis 5o,om Moräne, unterlagert von geschichteten Seeablagerungen unbekannten Alters und Tiefe.

Zwischen Reuss- und Bünztal lagern bei 666.o78/244.98o 428müM (im Hügelgebiet - Lokalität "Hintere Mulde") unterhalb 7,om Moräne, bis 27,5m meist verkittete Kiese, bis 33,om verkittete Grobsande, bis 52,3m verkitteter Kies, bis Bohrende bei 53,5m verkitteter Sand.

Nördlich Waltenschwil, am Waldrand bei 665.53o/243.72o, 468 müM, brachte die Untersuchung der Bohrkerne folgende Ergebnisse: o - 3,om Lehm, 3,om - 9,om Sand, 9,o, - 17,om Moräne, 17,om - 45,6m verkitteter Schotter, 45,6m - 52,8m Moräne, 52,8m - 91,5m kompakter, horizontal geschichteter Lehm, von 91,5m bis Bohrende auf 97,om Moräne.

Am Dorfrand, bei 665.o98/243.365 435 müM folgten nach 11,2m Moräne Kiese bis 2o,3m, darunter Sand bis Bohrende auf 4o,om.

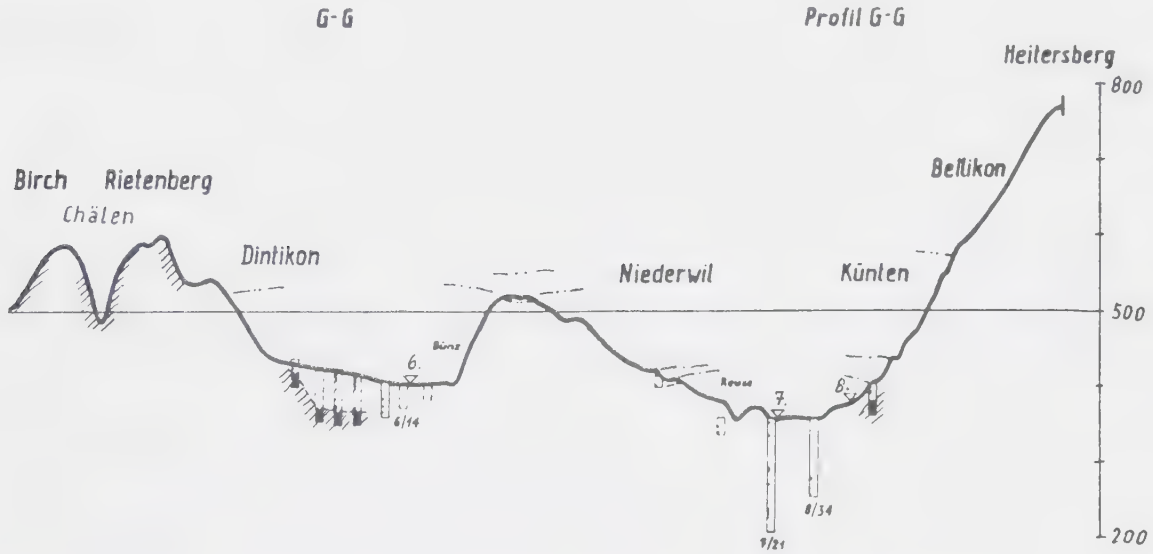
6/11 in der Talachse, bei Waltenschwil, 664.64o/242.65o, 423 müM zeigte bis 8,om Kies, unterhalb 8,om Sand und grauer Silt bis Bohrende bei 16,om.

Talabwärts brachte die 1956 in zwei Etappen abgeteufte Bohrung 6/12, 663.81o/243.4oo 427 müM bis 8,om Lehm, bis 24,om

Sand, bis 27,2m Kies, bis 32,om Moräne, bis 4o,2m Sand, bis 6o,om Lehm, bis 66,3m Sand, bis 72,7m hart gelagerter Kies, bis 75,6m hart gelagerter Sand, bis 76,om Sandsteinfels (?).

Bei Wohlen sind eine Vielzahl untiefer Sondierungen vorhanden, die im Dorfteil alle moränenartigen Aufbau des Untergrundes, heterogen, mit Silten, Sanden und Kiesen durchsetzt, aufzeigen. Ein markanter Wechsel findet talabwärts am Nordrand Wohlens statt, wobei hier weiche, feinkörnige Ablagerungen ab OK Terrain vorherrschen (nur bis ca. 2o,om Tiefe sondiert). Ein analoges Bild zeigen die Regionen Allmend, Lee, Gheid, Anglikon.

Ein deutlicher Wechsel der Schichtabfolge ist im Talquerschnitt bei Villmergen festzustellen, indem auf der Westseite der Einfluss der Eistransfluenz aus dem Seetal bemerkbar wird. 659.94o/245.61o 44o müM, zeigt bis 8,om Kies,



bis 13,om Moräne, bis 16,1m Kies, bis zum Fels auf 18,4m Moräne.
66o.265/245.79o 427 müM ergab bis 7,om Lehm und Kies, bis 18,om Kies, bis 31,om Moräne, bis 43,8m Sand (vermutlich geschichtet), darunter bis zum Fels in 51,6m Moräne.

Noch bei 66o.58o/246.o7o 422 müM war der Aufbau ähnlich: o -18,om Moräne, 18,om - 22,om fest gelagerter Sand, 22,om - 4o,om untere Moräne, 4o,om - 42,om Sand, 42,om bis zum Fels auf 57,5m Kies.

Der Wechsel wird deutlich bei 661.1oo/246.26o 411 müM: bis 24,1m weich gelagerter Lehm, unterlagert von einer 1,2m mächtigen Moräne (?), bis 33,5m feinkörnige Sedimente, bis 35,5m Moräne, bis 4o,om geschichteter Sand, bis 42,om Moräne (?), bis 46,om Kies.

Bei 6/14 661.44o/246.83o 4o8 müM förderte man über die ganze Bohrung bis 25,om weichen, feingeschichteten Lehm.

Zwischen Dintikon und Dottikon stellten sich bei 6/15, 66o.813/247.176 4o8 müM in der Bohrung bis 55,om (Bohrende) weiche, geschichtete Seebodenlehme ein, oben von siltiger, unten von sandiger Beschaffenheit, wobei im Sand starker Auftrieb im Bohrloch herrschte.

Auf der linken Bünztalseite, bei Dottikon-Hendschiken, sind keine grösseren Moränenablagerungen mehr vorhanden. Die Transfluenzbeeinflussung reichte demzufolge nicht bis in diese Region.

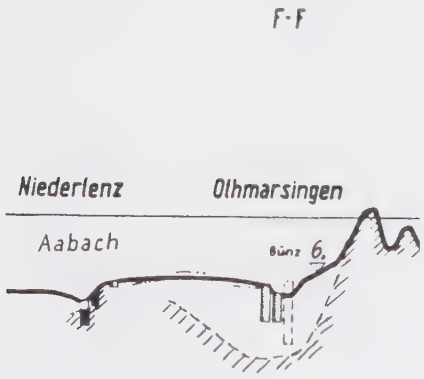
659.245/248.14o 416 müM ergibt bis 8,7m Kies, bis 11,om verschwemmte Moräne, bis Bohrende auf 58,om feinkörnige Seebodenlehme (keine Angaben über Lagerungsdichte).

Der Beschrieb einer alten Bohrung aus dem Jahre 1949 bei 659.84o/248.16o 4o9 müM hält folgende Schichtabfolgen fest: torfige Schichten bis 2,om, Lehm mit Steinen bis 4,2m, Sand bis 11,6m und schliesslich bis Bohrende auf 26,6m fest gelagerter Lehm (?).

6/17 66o.13o/248.54o 418 müM ergab bis Bohrende auf 39,5m eine heterogene Abfolge von Kiesen - Lehmen - Sanden, wobei die feinkörnigen Sedimente fest gelagert sind (Moräne?).

Bei älteren Sondierungen nördlich am Hang von Dottikon, bestand das Bohrgut aus mächtigen Kiesabfolgen. z.B. bei 66o.ooo/249.ooo 425 müM wurde Kies bis 39,5m, teils mit Partien hohen Lehmgehaltes, bis zum Fels auf 4o,7m toniger Lehm durchbohrt. Diese Kiese werden in den Gruben Tannächer abgebaut.

Ein rapider Wechsel stellt sich ein, sobald man ins Moränengebiet des Maximalstadiums im Bünztal eintritt.

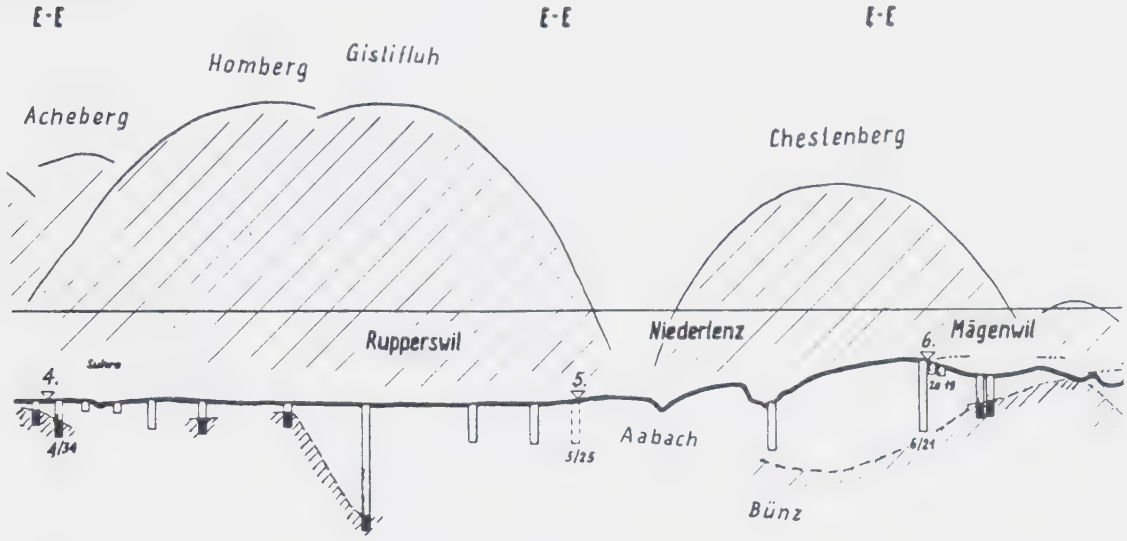


Bei Othmarsingen sind etliche untiefe Sondierungen vorhanden, die Jungmoränen durchfuhren.
Erst tiefere Bohrungen erreichen härtere Kies-Sande. z.B. brachte 658.24o/25o.8oo 397 müM bis 15,om Moräne. Von 15,om - 15,5m deutet ein humoser Silt auf Bodenbildung hin. Eine tiefere Moräne mit Blökken stellte sich bis 19,2m ein, gefolgt von einem Band humosen Kiessandes (frühere Bodenbildung), unterlagert bis 49,1m (Bohrende) von Kiessanden.

Die unterirdische Felsbarriere zwischen Wohlenschwil - Brunegg - Mägenwil, die das unterste Bünztal vom Reusstal trennt, wird (neben anstehendem Fels an den nahe gelegenen Hängen) auch belegt durch folgende Tatsachen:

Zwei Bohrungen in der Ebene zwischen Mägenwil und Brunegg trafen "untief" Fels an. Bohrung 659.6oo/252.1oo 411 müM erbrachte folgendes Resultat: bis 31,6m verschwemmte Moräne,

von 31,6m - 37,om kompakte Moräne, unterlagert von Fels. Gretener führte (1954) auch in der Gegend Lenzburg, Möriken, Brunegg, Mägenwil, Othmarsingen gravimetrische Messungen durch, die von Gassmann (1962) ausgewertet wurden. Dabei sind negative Anomalien zwischen Othmarsingen und dem Chestenberg bis ca. 1,7 Milligal berechnet worden,



die gegen Brunegg - Mägenwil auf ca. o,5 mgal abnahmen. Es sollten also zwischen Othmarsingen und Chestenberg mächtige Sedimente über dem Fels liegen. Die vier tieferen Bohrungen ausserhalb des Maximalstadiums bei Othmarsingen bekräftigen das Bild. Leider sind mir im Gebiet Neufeld-Birch keine Sondierergebnisse bekannt.

6/21 658.84o/251.62o 431,5 müM brachte in den obersten ca. 2o,om Kies (Niederterrassenschotter), von ca. 2o,om - ca. 7o,om teils verkitteten Kies (ältere Schotter), unterlagert bis Bohrende auf 97,om von feinkörnigen Schichten.

Bei 658.3oo/251.11o 419 müM war ein Uebergang von nicht verkitteten Schottern (Niederterrassenschottern) zu verkitteten (älteren Schottern) bei ca. 14,om feststellbar. Total wurden Kiese bis 77,om durchfahren. Zwischen 77,om und Bohrende auf 83,5m fand man hart gelagerte Sande.

Die Bohrung nördlich Niederlenz, 656.67o/25o.6oo 411 müM erbrachte bis ca. 78,om (unten z.T. verkittete) Kiese, gefolgt von einer harten Moräne bis ca. 83,om, unterlagert bis Bohrende von Sand, (86,om).

Die Bohrung an der Bünz bei 656.83o/251.o85 38o müM ergab Kies bis ca. 5o,om Tiefe, darunter bis Bohrende auf 67,om Sand.

Der Bünzarm des Reussgletschers glitt in der Region somit über zum Teil mächtige, ältere Sedimente hinweg. Der hochwürmzeitliche Gletscher hatte nicht die Erosionskraft, die-

se alten Sedimente auszuräumen. Deshalb ist heute in der Region ein Uebergang Moräne - alte Schotter, resp. Niederterrassenschotter - alte Schotter feststellbar.

Die Felsübertiefung, die gegen Niederlenz - Wildegg hinweist, muss prähochwürmzeitlichen Datums sein.

Das Reusstal zwischen Bremgarten und Mellingen ist mächtig mit Lockersteinsablagerungen aufgefüllt. In der Talachse sind keine Bohraufschlüsse bis zum Fels vorhanden.

Die 148,6m tiefe Sondierung zwischen Sulz und Niederwil, 7/21 666.o25/248.o75 366 müM zeigte fast über die ganze Bohrlänge Sand, wobei bei 21,4m ein Granitblock, bei 41,om und bei 66,om je ein ca. 2m starkes Kiesband, zwischen 1o6,om und 111,om eine tiefere Kiesschicht durchbohrt wurde. Die ebenfalls sandige Partie zwischen 118,om und 137,om wies durch Vorhandensein von siltig tonigen Beimungungen und fester Lagerungsdichte moränenartigen Charakter auf.

In der Tiefbohrung 8/34 666.54o/248.37o 362 müM förderte man über die ganze Sondierlänge von 1o2,5m feinkörnige Ablagerungen, wobei vereinzelt horizontale Schichtung festgestellt wurde.

Ausserhalb der Moränenzüge, an den Talflanken sind oberflächlich Kiesschichten anzutreffen. Auf der linken Talseite, bei Niederwil, bei 664.53o/247.82o 4o5,5 müM fand man bis Bohrende auf 15,5m Kies. Auf der rechten Talseite, ausserhalb Talhau, bei 8/35 666.82o/249.71o 412 müM erbrachte die Sondierung unterhalb 4,om erdigem Lehm Kies bis 31,om, unterlagert bis Bohrende auf 36,om von hart gelagerten feinkörnigen Sedimenten. Bei 8/36 666.73o/25o.o5o 4o7müM, stellte sich eine einfache Schichtabfolge ein, indem man bis 19,3m eine Moräne, bis 28,om Kies, bis 4o,3m Sand, bis Bohrende auf 76,5m graue, siltige, feingeschichtete Seebodenlehme vorfand. In der Bohrung 8/37 666.53o/25o.17o 4o2,5müM traten nach 4,2m siltiger Deckschichten bis 15,7m Moräne, bis 35,om locker gelagerte Schotter, bis 4o,om fest gelagerter Schotter, bis 42,7m festgelagerter Sand auf.

Zwischen Stetten und Busslingen 8/38 666.1oo/251.o5o 4o3 müM fand man bis 1,7m Kies, bis 5,om Silt, bis 13,2m Sand, bis Bohrende auf 26,om Kies.

Eine am Nordende des Moränenzuges Talhau abgeteufte Sondierung 666.o5o/249.85o 41o müM erbrachte bis 12,6m Moräne, bis 22,6m Kies, bis Bohrende auf 25,9m Sand.

Bei Gnadenthal ist bei 7/22 665.17o/249.44o 36o müM nach 4,6m feinkörnigen Lehm-Sand-Schichten Kies bis 9,8m Tiefe, dann Sand bis 28,om, dann hart gelagerter Kies-Sand bis 36,5m und Sand bis Bohrende auf 44,om Tiefe gefunden worden.

In der Gegend Niederwil - Nesselnbach - Tägerig sind zuoberst meist ca. 15 - 25m mächtige Kiese vorhanden, die durchzogen mit sandigen Partien und unterlagert von feinkörnigen Sedimenten sind. Die oberflächennahen Kiese werden in verschiedenen Gruben abgebaut.

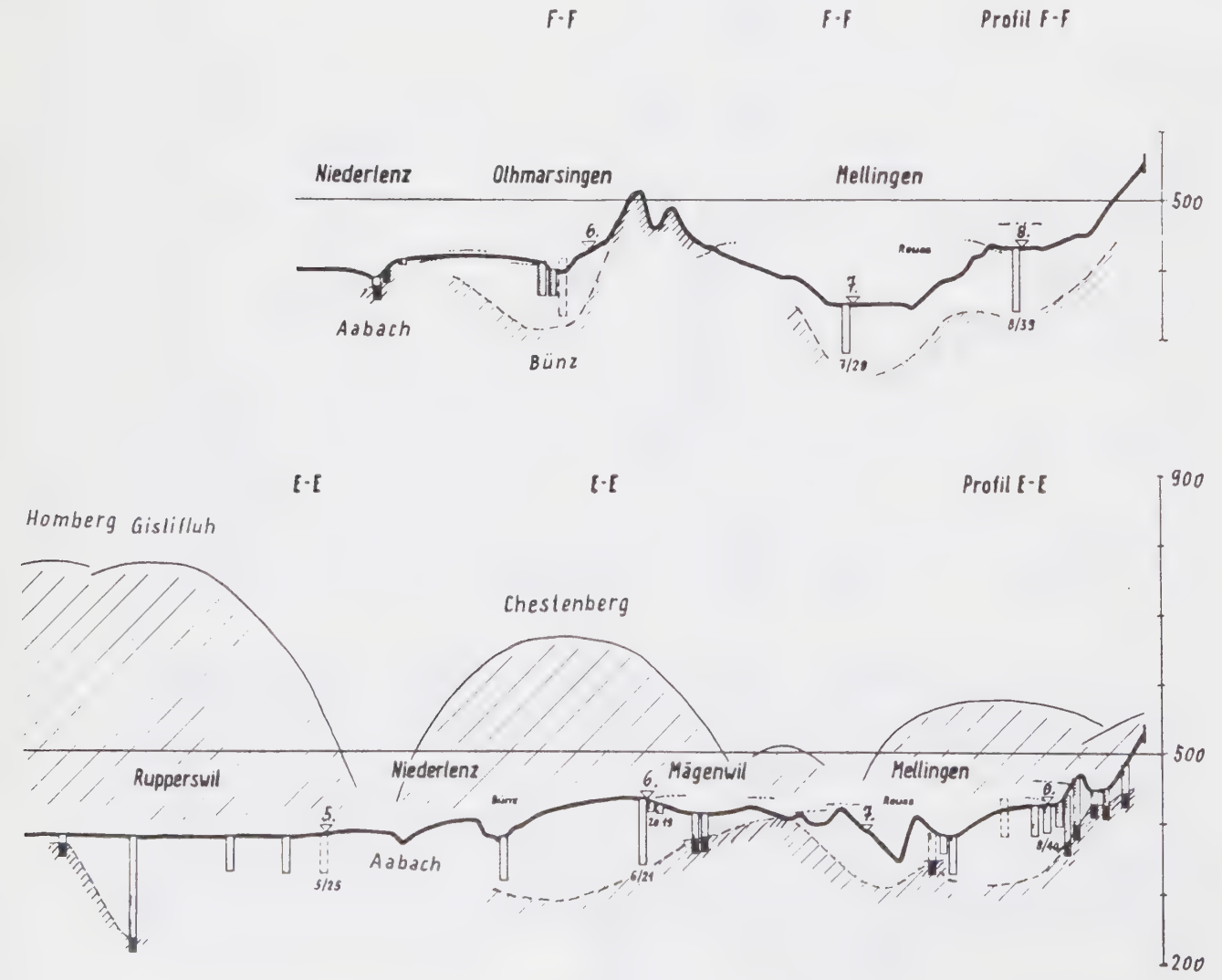
Profil 8 - 8

Norden

Eine Veränderung der Schichtabfolge findet nördlich Tägerig statt. 7/26 663.4oo/251.o8o 378 müM zeigt Kies bis 14,om, unterlagert von Sand bis Bohrende auf 25,2m. Bei 7/27 663.1oo/251.28o 361 müM hört die Kiesschicht in 3,1m auf, bis 33,2m folgt grauer Lehm, bis 35,6m verkitteter, sehr hart gelagerter Kies, bis 42,4m (Bohrende) fest gelagerter, grauer Lehm.

7/28 662.45o/251.72o 35o müM; südlich Mellingen wurde zuoberst heterogener Aufbau mit Silt-Sand-Kies-Partien bis 8,3m Tiefe erkundet, dann zwischen 8,3m und 13,6m ein lehmiger Feinsand mit Steinen und gekritztem Geschiebe (Moräne), zwischen 13,6m und 64,om nochmals Lehm und zwischen 64,om und 72,2m (Bohrende) Sand.

Auf der rechten Talseite fand man bei Niederrohrdorf 8/39, 664.6oo/252.75o 421 müM bis 7,om feinkörnige Sedimente, von 7,om - 33,om locker gelagerten Kies (Niederterrassenschotter), von 33,om - 6o,om teils verkittete Kiese, teils fester gelagerte Sande (ältere Schotter), zwischen 6o,om und 66,5m fester gelagerte sandige Seeablagerungen, zwischen 66,5m und 73,2m ein unterer, älterer Schotter, nach 73,2m bis Bohrende auf 84,3m kompakte, oft horizontal geschichtete Sande und Silte (Seebodenablagerungen).



Im Moränenbereich des Maximalstadiums waren für den Bau des Heiterbergtunnels tiefere Sondierungen notwendig. Vom Hang zum Tal zu fand man folgende Ergebnisse:

665.352/253.945 49o müM : Moräne bis 21,8m, bis 34,9m Kies, bis 4o,om Moräne, unterlagert von Fels.

665.145/253.84o 449,5 müM: erreichte nach 22,8m Moräne den Fels, wobei von 11,2m - 14,om eine erdige, sandige Lehmschicht eine obere und untere Moräne trennt.

Auf dem Moränehügel Hiltiberg, bei 664.675/253.75o 459 müM fand man folgende Bohrkerne: bis 26,5m Moräne, bis 52,1m heterogene Abfolgen von steifen Silten, hart gelagerten Sanden und harten moräneartigen Lehmpartien mit Steinen und Blöcken, bis 54,5m kompakter Kies, bis 62,5m fest gelagerte Sande und feingeschichtete Silte (Seebodenablagerungen), unterlagert bis zum Fels auf 64,5m von Moräne.

Bei 8/4o 664.325/253.66o 423 müM erbohrte man bis 12,2 Moräne, darunter bis Bohrende auf 41,7m kompakt gelagerten Kies.

Auch auf der Stirnmoräne Buechberg führte man eine tiefere Bohrung bei 663.382/253.137 424 müM aus. Unterhalb 16,8m Moräne stellte sich bis Bohrende in 43,om Tiefe ein verkitteter Kies ein.

Westlich der Station Mellingen, bei 662.716/253.612 38o müM brachte man bei der Bohrung bis 1o,om Moräne, bis 15,om Sand, bis 22,om Schotter, bis 32,7m steife siltige Seeablagerungen, bis 4o,om dicht gelagerte Sande, bis zum Fels auf 41,6m Moräne zu Tage. Nördlich dieser Bohrung, bei Rütihof, steht Molassefels an.

Beim Reussknie hat sich der Fluss bis zum Fels eingetieft, so dass hier die südwestliche Grenze eines "Molassehügels" liegen muss.

Direkt nördlich und nordöstlich von Rütihof fand man unter Jungmoräne wiederum Schotter und tiefer Lehm. z.B. 8/42, 663.245/255.25o 4o9 müM: o - 12,om Moräne, 12,om - 4o,om Schotter, 4o,om - 41,om (Bohrende) Lehm.
662.76o/255.35o 4o9 müM: o - 13,5m Moräne, 13,5m - 42,om Schotter, z.T. moräneartig, 42,om - 44,om (Bohrende) Lehm.

Auf der süd-westlichen Seite des Rütihofes, im Schönert und am Reussknie, wo sich die Reuss einen tiefen Einschnitt durch die Jungmoräne und die älteren Schotter gebahnt hat, fand ich keine Sondierunterlagen. Augenfällig sind die vielen Erratiker an den steilen Böschungen zur Reuss.

Untiefe Bohrungen bei Bleicherhölzli ergaben wenige Meter Moräne, darunter Schotter. 7/31 66o.8o5/255.3oo 399 müM zeigte bis 5,om Moräne, bis 46,5m zum Teil verkitteter Schotter, bis 53,8m Sand, bis 56,2m steifer Lehm, bis Bohrende auf 58,om Sand.

Die Tiefbohrung in Birrfeld, nördlich der unterirdischen Felsbarriere zwischen Wohlenschwil - Brunegg - Mägenwil, (die das unterste Bünz- vom untersten Reusstal trennt), 659.55o/253.29o 4o7 müM, brachte folgendes Ergebnis: o - 6,om Jungmoräne, 6,om - 18,om Niederterrassenschotter, 18,om - 26,4m sandiger Kies mit auffallend stark verwitterten Komponenten (Bodenbildung), 26,4m - 43,6m Sand mit verhärteten Partien, 43,6m - 52,8m Moräne, 52,8m - 88,om meist zu Nagelfluh verkittete Kiese, 88,om - lol,om heterogener Aufbau (Kiese, hart gelagerte Sande, kompakte Lehme), lol,om - lo8,om Kies, lo8,om - 13o,om (Bohrende) z.T. geschichtete, feinkörnige Ablagerungen.

Diese Bohrergebnisse zeigen etwa den äussersten würmeiszeitlichen maximalen Gletscherstand auf. Darin wird deutlich, dass auch dieser Arm des Reussgletschers in mächtige prähochwürmeiszeitliche Ablagerungen hineinstiess, diese aber nicht ausräumen konnte.

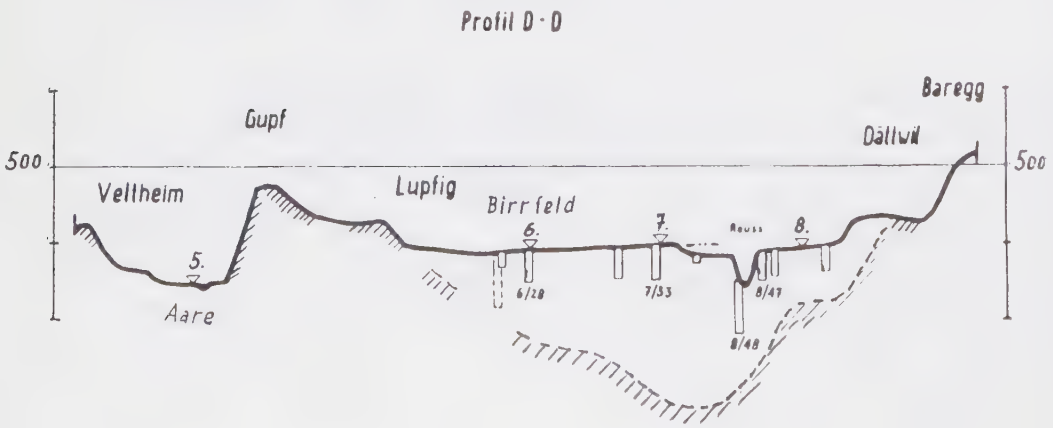
Im extramoränen Bereich muss deshalb ein direkter Kontakt von Niederterrassenschottern zu "alten Schottern" feststellbar sein, der sich nur an Hand eines Wechsels der Lagerungsdichte erkennen lässt. Tatsächlich lassen sich an Hand von Bohrrapporten solche Wechsel belegen.

In der Kiesgrube 6/24 658.85o/253.3oo 4o7 müM, nördlich Brunegg werden die ca. 17m mächtigen Niederterrassenschotter abgebaut. In einem kiesigen Lehm und in Kiesen in ca. 2om Tiefe zeigen rostige Partien Bodenbildung - die Kiese bis 33,om Tiefe sind also bereits alte Schotter. Bis 42,om folgen ältere Seeablagerungen, bis 9o,om Tiefe hart gelagerte, oft verkittete Kiese, bis Aufschlussende auf 95,2m hart gelagerte Moräne.

In einer Bohrung ca. 1 km westlich Birrhard, 659.632/253.775, 4o4 müM fand man über die gesamte Bohrlänge von 56,om nur Kies, der in tieferen Partien oft verkittet war.

Etliche Bohrungen im würmextramoränen Bereich zeigen ähnlichen Aufbau.

7/34, südlich Mülligen, 66o.63o/255.92o 391 müM erbohrte man Kies bis 4o,2m, unterlagert von kompaktem Lehm bis Bohrende auf 44,om.



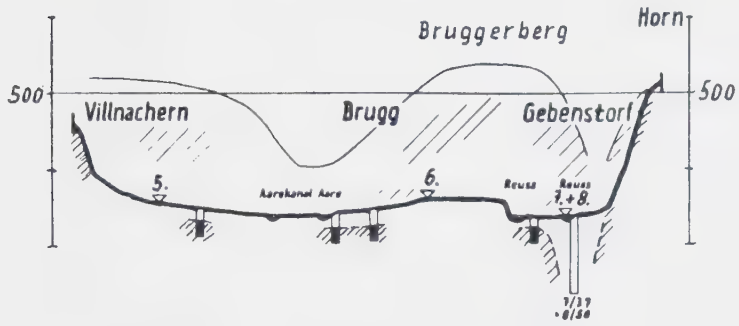
Südlich Birmenstorf, an der neuen Reussbrücke bei 8/47 und 8/48 wurde beim tiefen Einschnitt der Reuss, am Hang und am Flussufer je eine Bohrung abgeteuft. Die Reuss hat sich an der Stelle durch die "alten Schotter" bis zu einem kompakten Lehm durcherodiert. Die Bohrresultate von 8/47 661.86o/225.86o,

391 müM sind: bis 31,om kompakt gelagerter Kies, z.T. moränenartig, z.T. zu Nagelfluh verkittet, darunter bis auf Bohrende auf 4o,om festgelagerte Feinsande und Lehme; von 8/48 661.68o/255.8oo 353 müM über die ganze Bohrlänge bis 32,7m kompakter Lehm.

Zwischen Birmenstorf und Mülligen fliesst die Reuss über anstehenden Fels.

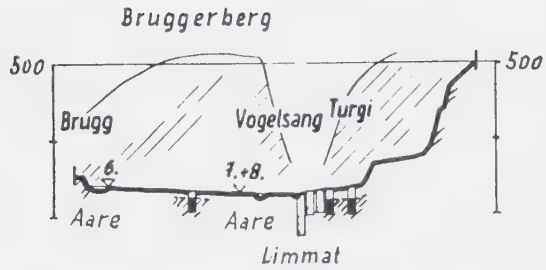
Gravimetriemessungen, die Gretener (1954) in der Region ausführte und Gassmann (1962) auswertete, zeigen negative Schwereanomalien bis zu 2,7 Milligal im Birrfeld südlich Birmenstorf, sodass in der Region Lockergesteinsablagerungen von ca. 18om Mächtigkeit vorhanden sind. Die Anomalie weist Richtung Birmenstorf. Es ist daraus zu folgern, dass eine tiefe, canyonartige Schlucht, (die meiner Schätzung nach bis ca. 2oom od. mehr unter Terrain verläuft) zwischen Eiteberg und Eichhölzli von Mülligen-Birmenstorf bis Gebenstorf mit "altem Lockergestein" aufgefüllt ist.

Profil C-C



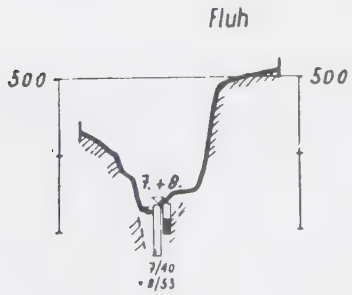
Zwischen Oberburg und Gebenstorf an der Reuss bei 659 481/258 887, 337 müM fand man bis 15,om Kies, bis 21,4m fest gelagerten Silt, bis 28,om hart gelagerten Sand (beides alte Seeablagerungen), bis Bohrende auf 3o,5m fest gelagerte Moräne (?).

Profil B-B



Dass sich dieser (unterirdische) Canyon auch gegen Norden zu weiterverfolgen lässt, beweisen folgende drei Bohraufschlüsse: Nördlich Gebenstorf sondierte man bei 66o.232/259.275, 339,5 müM nach 5,om Lehm, bis 15,om Kies, bis 17,om Lehm, dann Fels.

Profil A-A



Nahe davon, bei 7/37=8/5o Bohrung 66o.1o8/259.475 331 müM sah das Resultat anders aus: bis 2,om Sand, bis 17,om Kies, bis

18,om lehmiger Kies (Moräne?), bis lol,om (Bohrende) oft geschichtete, kompakte Sande in mächtigen Lagen, nur durchzogen mit wenigen Metern kompakter Lehmschichten.

Wieder in der Nähe, auf der andern "Canyonseite", bei Windisch 659.6o2/259.6o3 33o müM stiess man wieder nach 18,7m Kies auf Fels.

Zwischen den Jurazügen Reinerberg und Flue ist auch eine aufgefüllte Schlucht ermittelt worden. Beim Juradurchbruch deuten zwei Sondierergebnisse darauf hin. 66o.o85/262.575, 334 müM brachte bis 21,5m Kies, bis 22,om Lehm mit Steinen, ab 22,om Fels; die nur wenig westlich davon abgeteufte Sondierung 7/48 = 8/53 659.952/262.559 333 müM dagegen von o - 14,om Kies, von 14,o - 2o,2m sauberen Sand, von 2o,2m - 61,om Kies, von 61,om - 64,8m Sand, von 64,8m - Bohrende auf 67,5m fest gelagerte Moräne, in der alpines Material gefunden wurde.

11. Zusammenfassung

Die Hauptaufgabe dieser Arbeit bestand in der Eruierung der Felslagen in den einzelnen mittelländischen "Reussgletscher"-Tälern. Zudem sollten Zusammenhänge zwischen Erosions- und Akkumulationsvorgängen in der letzten Eiszeit untersucht werden. Die Frage, ob in den einzelnen Tälern unter den hochwürmzeitlichen Ablagerungen ältere Sedimente liegen, war ebenfalls Aufgabenstellung.

Zuerst ermittelte ich die Lagen und Höhen des anstehenden Felsens. Diese Informationen holte ich aus bestehenden geologischen Karten und mit eigenen Feldbegehungen. Als Arbeitskarten zog ich schwarz-weiss Karten M 1 : 25.000 der ganzen Region auf Kartontafeln auf und zeichnete den anstehenden Fels ein. Dabei wurde der Fels nicht wie in der geologischen Karte nach Alter und Gesteinsart gegliedert, sondern einzig nach der Höhe in Metern über Meer. Dazu wurden 50 m Bänder mit je einer Farbe gewählt. Mit dieser Karte treten optisch die Felshindernisse, die das Gletschereis auf dem Weg nach Norden beeinflussten, hervor.

Ich versuchte möglichst genau die Höhe der Felsschwellen bei den Eingängen in die mittelländischen Quertäler zu ermitteln. Stellte ich fest, dass von den Haupteislappen sich Seitenlappen abspalteten, suchte ich auch bei den Ausgängen aus den Haupttälern die Felshöhen zu eruieren.

Um Vergleiche oder evt. Zusammenhänge zwischen den einzelnen Haupttälern oder abgespalteten Nebentälern in Bezug auf Lockergesteinsablagerungen zu erhalten, versuchte ich zuerst einmal, aus chemischen Analysen von Grundwässern Parallelitäten zu finden. Dieser Versuch misslang. In den über tausend Analysen, die bei mir archiviert sind, und deren Resultate ich grossräumig in eine Grundwasserkarte einzeichnete, zeigten sich stark gestreute Werte. Bei den Grundwasserhärten war die Flussinfiltration der hauptverantwortliche Faktor. Die Nitratgehalte variierten mit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung des umliegenden Gebietes. Zudem reichten die Daten für eine solche Analyse nicht aus. Das Datennetz müsste engmaschiger sein.

Um das Problem der Zusammenhänge der Erosions- und Akkumulationsvorgänge anzugehen, mussten die Eisstände im Würm-Maximum und in den einzelnen Rückzugsstadien in den Haupt- und Nebentälern detailliert bekannt sein. Ich zeichnete dazu immer in den gleichen Massstäben etwas über tausend Kilometer Profile, nämlich 10 Tallängsprofile und 20 Querprofile. Mit der Kulissendarstellung der seitlichen Hügelzüge konnten die Informationen über anstehenden Fels und über die einzelnen Eisstände lagerichtig eingezeichnet werden.

Als zweite wichtige Arbeitskarte zog ich normale Landeskarten M. 1 : 25.000 auf Sperrholzplatten auf. Aus der Höhenkarte der Felsoberfläche des Anstehenden wurden die Gebiete mit anstehendem Fels mit einer einheitlichen, durchsichtigen, roten Farbe übertragen.

Anschliessend wurden Ergebnisse von über 3ooo Bodensondierungen aus der Region (über 63.ooo m Lockergesteinsbohrungen) in die Karte eingetragen.

Einige Bohrkerne von Sondierungen, die während den letzten Jahren erstellt wurden, vermittelte ich Herrn Dr. M. Küttel, (Universität Hohenheim), der sie auf Pollen analysierte und geobotanisch deutete. Die daraus ermittelten Altersangaben brachten wertvolle Resultate.

Trotz der Informationsfülle erhielt ich nicht aus allen Regionen genügend Unterlagen, um Auskunft über den Felsverlauf zu erhalten, da viele Bohrungen in den z.T. sehr mächtigen Lockergesteinsauffüllungen stecken blieben. Deshalb entschied ich mich, gravimetrische Untersuchungen durchzuführen. Es war möglich, an zwei sehr interessante gravimetrische Arbeiten (Gretener 1954; Gassmann, Pavoni 1962) anzuschliessen. Ich beschloss, nicht wie in den beiden Arbeiten die Messstationen flächenhaft, sondern profilförmig anzuordnen. Es wurden gesamthaft 9 Profile mit total 2o4 Messpunkten gravimetrisch aufgenommen. Die Methode hat sich bewährt. Doch sollten in Zukunft noch Kontrollbohrungen diese Gravimetrieresultate "eichen".

Im Text hat sich eine klare Zweiteilung ergeben. Im ersten Teil wurde neben einem kursorischen Abriss der wichtigsten Literatur im Zusammenhang mit dem untersuchten Gebiet auch ein geologischer Ueberblick und vor allem eine detaillierte Beschreibung der Arbeitsmethode gegeben.

Der zweite Teil beinhaltet geomorphologische Talbeschriebe.

Die Talübertiefung in den Haupttälern südlich der "Barriere" der steilgestellten Molasse ist grösser als die nördlich davon. Genaue Daten sind mir nur aus dem Gebiet Zugersee bekannt, wo im Seegebiet zwischen Immensee und Walchwil eine Auskolkung bis ungefähr Meeresspiegel feststeht.

Folgende Höhen der Felskote wurden bei den Eingängen in die einzelnen mittelländischen Täler, resp. in den Tälern selbst ermittelt:

Kleinemmetal: Eingang bei Emmenbrücke ca. 46o müM, tiefster bekannter Punkt bei Blatten ca. 4oo müM.

Rottal: Eingang zwischen Hinter Aemmenberg und Brunauerberg auf ca. 65o müM. Im oberen Teil scheint das Tal wenig übertieft, (bei Ruswil Kote ca. 6oo müM), im untern Teil sind Felskoten z.Z. noch unbekannt.

Luthern-Wiggertal: Eingang bei Wolhusen auf ca. 57o müM. Das Tal ist nicht übertieft (Wauwilermoos?). Im unteren Talteil sinkt der Fels kontinuierlich bis (bei Oftringen Eingang ins Aaretal) auf ca. 39o müM ab.

Suhrental: Eingang bei Rippertschwand ca. 56o müM. Das Tal ist übertieft, der tiefste bekannte Punkt (bei Sursee) liegt auf ca. 35o müM. Die Höhe beim Eingang ins Wauwilermoos beträgt vermutlich ca. 47o müM, die ins Uffikermoos ca. 49o müM. Im Uffikermoos wurde Fels in ca. 45o müM erbohrt.

Wynental: Der tiefste Eingang ins Wynental befindet sich bei Beinwil (Felshöhe tiefer als 54o müM) vom Seetal her, der Zweittiefste bei Gunzwil, resp. Niederwil vom Suhrental her (Felskote ca. 62o müM) und der Höchste im Süden bei Hildisrieden auf ca. 68o müM. Bei Beromünster befindet sich eine Felsschwelle bei ca. 62o müM. Das mittlere Wynental ist übertieft. In der Region Zetzwil traf man Fels auf ca. 4oo müM.

Seetal: Eingang bei Ballwil auf ca. 49o müM. Das Tal ist stark übertieft. Bei Ermensee traf man auf 26o müM noch keinen Fels. Im untersten Talabschnitt fand man nahe der Talachse bei Staufen den Fels auf 36o müM.

Bünztal: Eingang aus dem Reusstal bei Aristau auf ca. 28o müM. Im Tal selbst ist der Felsverlauf noch nicht bekannt. Es sind an einigen Stellen 1oo m Bohrungen vorhanden, die den Fels auf ca. 31o müM nicht erreichten.

Reusstal: Eingang ins Reusstal bei Oberrüti, Fels auf ca. 38omüM, bei Cham-Steinhausen auf ca. 43o müM und bei Blickensdorf-Uerzlikon-Knonau auf ca. 36o müM. Das Reusstal ist stark übertieft. Bei Jonen im mittleren Talabschnitt folgt Fels erst ab ca. 12o müM. Eine Tiefbohrung bei Sulz blieb auf 21o müM im Lockergestein stecken. Im unteren Talabschnitt im Birrhard findet man in der Talachse Fels erst ab Kote ca. 2oo müM, bei Gebenstorf wurde eine canyonartige Abflussrinne, wobei der Fels erst ab Kote ca. 15o müM folgt, lokalisiert.

Der Eingang ins Tal über Hedigen-Wettswil-Bonstetten hat bei Affoltern eine Felshöhe von ca. 5oo müM. In der Talachse wurde kein Fels erbohrt und bei Bonstetten liegt er tiefer als 47o müM.

Reppischtal: Der Eingang liegt beim Türlersee bei unbekannter Felstiefe (sicher tiefer als 62o müM = Seegrund). Bei Stallikon folgt Fels in der Talachse auf 49o müM.

Betrachtet man den Felsverlauf in den Haupttälern, stellt man fest, dass aus den luzernisch-aargauischen Quertälern tiefe Rinnen zum Aaretal hinführen. Je weiter gegen Osten, umso geringere Meereshöhen liegen vor. Da diese Rinnen in Form von engen Juradurchbrüchen eine Fortsetzung gegen Norden zu aufweisen, liegt ein Indiz für eine fluviatile Entstehung dieser "Urtäler", die später vom Gletscher ausgeweitet und teils übertieft wurden, vor.

In einigen Talabschnitten konnten an Hand von genauen Bohrprotokollen prähochwürmzeitliche Ablagerungen lokalisiert werden.

Es wurde möglich, eine Menzinger-Rinne, die vom Zürichsee über Schönenberg-Menzingen nach Zug zieht, im westlichen Teil genauer abzugrenzen. Auch eine tiefer liegende Blickensdorfer Rinne, die über den Zugersee-Baar-Blickensdorf-Uerzlikon-Knonau ins Reusstal zieht, konnte genauer umschrieben werden. Informativ ist, dass beide Rinnen mit teils alten Schottern aufgefüllt sind und in diesen Schottern an einigen Stellen Linth-Leitgesteine gefunden wurden. Ein Beweis, dass der risszeitliche Linthgletscher ins "Reussgebiet" eindrang, während ihm in der Würmzeit der Eintritt nach Westen durch seine eigenen risszeitlichen Ablagerungen verwehrt wurde.

Die vorhandenen Untersuchungsergebnisse in den unteren Talregionen beweisen, dass die hochwürmzeitlichen Gletscher in diesen Abschnitten längst nicht alle älteren Sedimente ausräumten. An verschiedensten Stellen fand man unter den Jungmoränen oder den Niederterrassenschottern prähochwürm- und präwürmzeitliche "ältere" Schotter, Seeablagerungen, Moränen etc. Bemerkenswert sind die komplexen älteren, oft mehrere hundert Meter mächtigen Ablagerungen in Juranähe in den untersten Teilabschnitten dieser Täler.

Bei allen Reussgletscherhaupttälern konnte festgestellt werden, dass ausserhalb der markanten Endmoränen des Maximalstadiums (=Killwangen Stadium) teils unter Niederterrassenschottern noch würmzeitliche Moränen geringer Mächtigkeit vorhanden sind. Dies deutet auf einen kurzfristigen prähochwürmzeitlichen Eisvorstoss (evt. mehrere ?) hin. Neuere Forschungsergebnisse stellen diesen 1. Maximalvorstoss ins Mittelwürm (ca. 75.000 yBP).

Im Laufe der Arbeit bin ich in einigen Regionen auf interessante, zum Teil noch nicht gelöste Detailprobleme gestossen.

- Im Gebiet Küssnacht-Immensee konnte eine Rinne nachgewiesen werden. Ein Moränenzug des Hurdenstadiums trennt den Zugersee vom Küssnachtersee. Auf der Küssnachterseite, am Rigifuss finden sich mächtige Stauschotter, die im Zusammenhang mit dem Küssnachterarm des Reussgletschers akkumuliert wurden, während die analogen Stauschotter des Zugerseearmes bei Oberwil anzutreffen sind.

- In der Region Wolhusen - Kleinemmetal bis Littau und dem Rottal sollten meine Grobbefunde noch verifiziert werden. Vor allem sollte der Felsverlauf im Wauwilermoos, Gebiet Ruswil-Grosswangen - Ettiswil und im Randgebiet zur Seewag eruiert und auf glaziale Uebertiefungen untersucht werden.

- Der Einfluss des östlichen Suhrental-Lappens (über's Moos) im Wynental, die Felsverläufe in der Region Rickenbach- Gunzwil-Beromünster und des mittleren Wynentals, sowie die komplexen Akkumulationsverhältnisse der Region sollten untersucht werden.

- Im östlichen Randgebiet sollte die These, dass im 1. Maximalstadium die Gletscher über Birmensdorf ins Limmattal reichten, verifiziert werden.

Während der ganzen Arbeit wurde mir immer wieder deutlich, wie wichtig genaue Detailinformationen aus Bohraufnahmen für das Verständnis der Zusammenhänge sind. So geben oft genaue Angaben wichtige Hinweise betreffend chronostratigraphischer Abläufe, z.B.: geschichtete tonige Silte - Seeablagerung; weiche, breiige,

lockere Ablagerung - nicht vorbelastet; harte, steife Ablagerung - Vorbelastung; verkittete Schotter - Indiz für ältere, prähochwürmzeitliche Ablagerung; Bodenbildung innerhalb einer Bohrsequenz - Hiatus, etc. Eine mögliche Methode zu chronologischen Aussagen aus ungestörten Bohrkernen sehe ich in bodenmechanischen Untersuchungen aus Seeablagerungen, indem funktionale Zusammenhänge zwischen Plastizität und Konsistenzgrenzen einerseits und Vorbelastung durch Gletscher andererseits erarbeitet würden.

12. Anhang

Literaturverzeichnis

ANNAHEIM, H., BOEGLI, A. und MOSER, S. (1958): Die Phasenglie-derung der Eisrandlagen des würmeiszeitlichen Reussgletschers im zentralen Schweizerischen Mittelland. Geogr. Helv., 13/3.

BAUMBERGER, E. (1925): Die subalpine Molasse von Luzern. Ecl. geol. Helv., Vol. XIX/1.

BIERI, B. (1981): Als der Rhonegletscher bei uns zu Gast war. Heimatkunde des Wiggertals, Heft 38.

BOESCH-INEICHEN, G. (1955): Die Königsfreien von Emmen/Luzern. zur Lotharurkunde vom 25. Juli 84o. Sonderschrift aus Verfassungs- und Landesgeschichte, Festschrift für Theodor Mayer, Bd. 2.

BOEGLI, A. (1951): Die Entstehung des Baldeggersees. Heimatkunde aus dem Seetal, 25.Jg.

BUECHI, U.P., WIENER, G. und HOFMANN, F. (1965): Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz. Ecl. geol. Helv., Vol. 58/1.

BUETLER, M. (1942): Ueber Strandlinienverschiebungen des Zugersees. Jahrbuch Schweiz. Ges. für Ur- und Frühgeschichte, Bd. 32.

BUXTORF, A. (1916): Geologische Vierwaldstätterseekarte 1 : 5o.ooo. Schweiz. Geol. Kommission.

BUXTORF, A. und KOPP, J. (1943): Ueber das Unterstampian der Rigi und über Querbrüche in der Molasse zwischen Vierwaldstättersee und Zugersee. Ecl. geol. Helf., Vol. 36/2.

DESCOEUDRES, J. (196o): Sondages et injections. Cours d'eau et énergie, 196o, 1-2, Zürich.

FREI, R. (1912): Geologische Karte des Lorzetobel-Sihlsprunggebietes (Kt. Zug) 1 : 25.ooo. Schweiz. Geol. Kommission.
- (1912): Monographie des schweizerischen Deckenschotters. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, neue Folge, Lieferung 37.
- (1914): Geologische Untersuchungen zwischen Sempachersee und oberem Zürichsee. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, neue Folge, Lieferung 45/1.

FREY, O. (19o7): Talbildung und glaziale Ablagerungen zwischen Emme und Reuss. Denkschrift, Schweiz. Naturforsch. Gesellschaft, Nr. 41.

FROEHLICHER, H. (1933): Geologische Beschreibung der Gegend von Escholzmatt im Entlebuch, Kt. Luzern. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, neue Folge, Lieferung 67.

GASSER, U. (1966): Sedimentologische Untersuchungen in der äusseren Zone der subalpinen Molasse des Entlebuches. Diss. Univ. Bern.

GASSMANN, F. (1962): Schweremessungen in der Umgebung von Zürich. Beitr. zur Geologie der Schweiz, Geophysik, Nr. 3.

GRETENER, P. (1954): Schweremessungen nordwestlich von Zürich und ihre geologische Interpretation. Diss. ETH Zürich.

GYSEL, G. (1966): Ein neuentdeckter Reusserratiker. Mitt. der Aarg. Natf. Ges., Bd. 27.

HABICHT, K. (1943): Zur Geologie der subalpinen Molasse zwischen Zugersee und Rheintal. Ecl. geol. Helv., Vol. 36/2.
- (1945): Neuere Beobachtungen in der subalpinen Molasse zwischen Zugersee und st. gallischem Rheintal. Ecl. geol. Helv., Vol. 36/1.

HANTKE, R. (1958): Die Gletscherstände des Reuss- und Linthsystems zur ausgehenden Würmeiszeit. Ecl. geol. Helv., Vol. 51/1.
- (1959): Zur Altersfrage der Mittelterrassenschotter. Vierteljahresschrift der Natf. Ges. Zürich, Bd. 1o4.
- (1961): Zur Quartärgeologie im Grenzbereich zwischen Muota/Reuss- und Linth/Rheinsystem.Geogr. Helv. XVI/4.
- (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete. Vierteljahresschrift der Natf. Ges. Zürich, Bd. 112/2.
- (1968): Erdgeschichtliche Gliederung des mittleren und jüngeren Eiszeitalters im zentralen Mittelland. Archäologie der Schweiz, Band 1, Schweiz. Ges. für Ur- und Frühgeschichte, Basel.
- (1978): Eiszeitalter Bd. 1. Ott Verlag, Thun.
- (198o_: Eiszeitalter Bd. 2. Ott Verlag, Thun.

HEIM, A. (1882): Ueber Bergstürze. Neujahrsblatt der Natf. Ges. Zürich, Bd. 84.
- (1887): Das Unglück in Zug vom 5. Juli 1887. Ausführlicher Bericht vom Spezialberichterstatter der NZZ, Zürich.

HUG, J. (1919): Der Bergsturz vom Türlersee. Vierteljahresschrift der Natf. Ges. Zürich, Bd. 64/2.

JAECKLI, H. (1956): Talgeschichtliche Probleme im aargauischen Reusstal. Geogr. Helv. 11/1.
- (1959): Wurde das Schlierenstadium überfahren? Geogr. Helv. 14/2.
- (1966): Geologische Karte Bl. 1o9o Wohlen 1 : 25.ooo, mit Erläuterungen. Geol. Atlas der Schweiz, Schweiz. Geol. Kommission.

JAECKLI, H. und KEMPF, Th. (1972): Erläuterungen zur hydrogeologischen Karte der Schweiz 1 : 1oo.ooo, Blatt Bözberg - Beromünster. Schweiz. Geol. Kommission.

JAECKLI, H. und RYF, W. (1978): Die Grundwasserverhältnisse im unteren aargauischen Aareta. Wasser, Energie, Luft 1978/3/4.

KAUFMANN, F. J. (1872): Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. Beitr. zur Geol. Karte Schweiz, 11.
- (1887): Geologische Skizze von Luzern und Umgebung. Beil. Jahresbericht Kantonsschule Luzern (1886/87).

KELTS, K. (1978): Geological and sedimentary evolution of Lakes Zurich and Zug, Switzerland. Diss ETHZ.

KLINGELE, E. und OLIVIER, R. (1979): Schwere-Karte der Schweiz, Bouguer-Anomalien 1 : 5oo.ooo. Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- (198o): Die neue Schwere-Karte der Schweiz (Bouguer-Anomalien). Kümmerly & Frey, Bern.

KNAUER, J. (1954): Ueber die zeitliche Einordnung der Moränen der "Zürich-Phase" im Reussgletschergebiet. Geogr. Helv. 9/2.

KOPP, J. (1937): Die Bergstürze des Rossberges. Ecl. geol. Helv., Vol. 29/2 (1936).
- (1938): Der Einfluss des Krienbaches auf die Gestaltung des Luzernersees und die Hebung des Seespiegels des Vierwaldstättersees. Ecl. geol. Helv., Vol. 31/2.
- (1945): Aus der geologischen Geschichte von Malters und Umgebung, Vortrag gehalten an Jahresversammlung der Natf. Ges. von Luzern.
- (1945): Geologische Karte Blatt 186-189 Beromünster-Eschenbach 1 : 25.ooo,mit Erläuterungen, Geol. Atlas der Schweiz, Schweiz. Geol. Kommission.
- (1949): Die urzeitlichen Schwankungen des Zugersees im Lichte seiner Strandlinien. Zuger Neujahrsblatt (1949).
- (195o): Seespiegelschwankungen des Zugersees. Mitt. Natf. Ges. Luzern, Nr. 16.
- (1951): Die Gletscherstausee-Ablagerungen von Kriens und Littau. Ecl. geol. Helv., Vol. 44/2.
- (1954): Die Lokalvergletscherung der Rigi. Ecl. geol. Helv., Vol. 46/2 (1953).
- (1961): Zur Diluvialgeologie des Gebietes zwischen Zugersee und Knonauer Amt. Ecl. geol. Helv., Vol 53/2 (196o).
- (1962): Erläuterungen zur Geol. Karte Blatt Luzern. Geol. Atlas der Schweiz, Schweiz. Geol. Kommission.
- (1974): Seespiegelstände des Aegerisees. Zuger Neujahrsblatt (1975).

KOPP, J., BENDEL, L. und BUXTORF, A. (1955): Geologische Karte Blatt 115o Luzern 1: 25.ooo, mit Erläuterungen,Geol. Atlas Schweiz, Schweiz. Geol. Kommission.

KUETTEL, M. (1982): Veränderungen in der spätglazialen Umwelt von Luzern. Physische Geographie 1.
- (1983): Züge der jungpleistozänen Vegetations- und Landschaftsgeschichte der Zentralschweiz. Habil.-Schrift, Univ. Hohenheim.

LABHARD, P. (1975): Birmensdorf, die Geschichte eines Talkessels. Eine geologisch-morphologische Studie. Heimatkdl. Verein Birmensdorf.

LEMCKE, K., BUECHI, U.P. und WIENER, G. (1968): Einige Ergebnisse der Erdölexploration auf der mittelländischen Molasse in der Zenttralschweiz. Bulletin Verein Schweiz. Petroleum Geologen, Nr. 35/87.

LUEDI, W. (1938): Beitrag zur Bildungsgeschichte der Luzerner Allmend. Vierteljahresschrift der Natf. Ges. Zürich, Bd. 83/1-2.

MOLLET, M. (1921): Geologie der Schafmatt-Schimberg-Kette und ihrer Umgebung (kt. Luzern). Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, neue Folge, Lieferung 47.

MOSER, S. (1958): Studien zur Geomorphologie des zentralen Aargaues. Geogr.-Ethnolog. Ges. Basel, Bd. X.

MUEHLBERG, F. (19o4): Geologische Karte 1 : 25.ooo des unteren Aare-, Reuss- und Limmat-Tales, mit Erläuterungen. Geol. Spezialkarte, 31, Schweiz. Geol. Kommission.
- (19o7): Geologische Karte 1 : 25.ooo der Umgebung von Aarau. Geol. Spezialkarte.
- (191o): Geologische Karte 1 : 25.ooo der Umgebung des Hallwilersees und des oberen Sur- und Winentales, mit Erläuterungen. Geol. Spezialkarte, 54, Schweiz. Geol. Kommission.

MUELLER, E.R. (1978): Aufbau und Zerfall des würmeiszeitlichen Linth- und Reussgletschers im Raume zwischen Zürich- und Zugersee. Ecl. geol. Helv., Vol. 71/1.

MUELLER, P. (1949): Die Geschichte der Moore und Wälder am Pilatus. Ber. Rübel, Nr. 24.
- (195o): Pollenanalytische Untersuchungen in eiszeitlichen Ablagerungen bei Weiherbach (Kt. Luzern). Ber. Rübel (1949).
- (1961): Die letzte Eiszeit im Suhrental - eine pollenanalytische Studie. Mitt. der Aarg. Natf. Ges., Bd. 26.

MUELLER, S. (1981): Geomorphologie des Raumes Hochdorf-Ballwil-Eschenbach unter besonderer Berücksichtigung der Eschenbacher Schotter. Diplomarbeit Univ. Zürich.

NETTLETON, L. (1939): Determination of density for reduction of gravimeter observations, Geophysics, Vol. 4, No. 3.

NIGGLI, P. (1911): Geologische Karte von Zofingen 1 : 25.ooo. Geol. Spezialkarte, Schweiz. Geol. Kommission.

NUSSBAUM, F. (19o9): Neu aufgefundene erratische Blöcke im Napfgebiet. Mitt. der Natf. Ges. Bern (19o8).

PAVONI, N. (1957): Geologie der Zürcher Molasse zwischen Albiskamm und Pfannenstiel. Vierteljahresschrift der Natf. Ges. Zürich, Bd 1o2/5.
- (1962): Geologische Interpretation der lokalen Bouguerschen Schwereanomalien, aus Schweremessungen in der Umgebung von Zürich. in GASSMANN, F.
- (1975): Recent Crustal Movements, in Niggli E. ed: Internat. Geodyn. Proj., First Rep. Switzerland, July 1975. Schweiz. Natf. Ges.

PENCK, A., BRUECKNER, E. (19o1 - 19o9): Die Alpen im Eiszeitalter, 1-3. Leipzig.

ROCHOW, M. v. (1957): Altersbestimmung eines Torfes aus dem Untergrund des Löwenplatzes in Luzern. Ber. Rübel (1956).

ROESLI, F. (1965): Das Renggloch als geologisches Phänomen und als Beispiel einer frühen Wildbach-Korrektion. Ecl. geol. Helv., Vol. 58/1.

SCHWEIZERISCHE Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik (1968): Richtlinien für die Ausschreibung, Durchführung und Auswertung von Bodensondierungen und Feldversuchen in Lockergestein und Fels.

SIDLER, W. (19o2): Die Quellen des Sihl- und Lorzegebietes im Kanton Zug. Zuger Neujahrsblatt.

SPECK, J. (1953): Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee, Diss. Univ. Zürich.
- (1953): Die spätbronzezeitliche Siedlung Zug "Sumpf". Ein Beitrag zur Frage der Pfahlbauten. Monogr. Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, Nr. 11

STEINER, J. (1926): Morphologische Untersuchungen im Entlebuch, Diss. Univ. Bern.

SUTER, H. (196o): Beitrag zur Diluvialgeologie des Knonauer Amtes, Kt. Zürich. Ecl. geol. Helv., Vol. 52/2.

VEREINIGUNG Schweizerischer Bohrfirmen (1968): Bohrmeisterfibel.

VON MOOS, A. (1946): Exkursion Nr. 7: Thalwil-Albispass-Affoltern a.A.-Jonen-Bonstetten. Geol. Exkursion Umgebung Zürich. Geol. Gesellschaft Zürich.

WELTEN, M. (1972): Das Spätglazial im nördlichen Voralpengebiet der Schweiz. Bericht der deutschen Bot. Ges., Bd. 85.
- (1978): Gletscher und Vegetation im Lauf der letzten Hunderttausend Jahre. Schweiz. Natf. Ges., 5-18, 1981.
- (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, neue Folge, Lieferung 156.

ZIMMERMANN, H.W. (1963): Die Eiszeit im westlichen zentralen Mittelland. Mitt. der Natf. Ges. Solothurn, Bd. 21.

Lebenslauf

Ulrich Felix Läuppi, von Gränichen (Kt. Aargau)

Am 3o. Juni 1939 wurde ich in Baden, Kt. Aargau, geboren. Nach Besuch der Primarschulen in Luzern absolvierte ich von 1951-1958 die Kantonsschule Luzern, die ich mit der Matura Typus C abschloss.

1958-1962 studierte ich an der ETHZ (Abteilung X) Naturwissenschaften und diplomierte als Ingenieurgeologe, mit einer Diplomarbeit in Geophysik.

Vom Herbst 1962 bis Frühjahr 1964 war ich Praktikant beim Kant. Tiefbauamt Luzern, Abt. Strassenbau und erhielt gleichzeitig einen Lehrauftrag für Geographie an der Kantonsschule Luzern.

Im Frühling 1964 immatrikulierte ich mich an der ETHZ (Abteilung II), und schloss im Sommer 1966 das Studium Bauingenieurwesen nach Normalstudienplan ab.

Im Frühling 1965 verheiratete ich mich mit Barbara Baeriswyl. Unsere Söhne heissen Stephan (1971), Daniel (1974) und Ivo (1976).

Vom Herbst 1966 bis zum Sommer 1968 arbeitete ich als Tiefbauingenieur im Ing. Büro H.B. Fehlmann in Zürich. Anschliessend wechselte ich zu einer Tiefbauunternehmung, der Firma Swissboring AG, Zürich und Volketswil. Ich wurde Leiter der Abteilungen Sondierungen, Filterbrunnen und Verankerungen. Ab Januar 1972 bis August 1975 war ich für Swissboring AG und Holding Rodio AG, Zürich hauptsächlich im Ausland als Berater und Baustelleningenieur eingesetzt. (15 Monate Brasilien, 5 Monate Portugal, 3 Monate Spanien, 5 Monate Oesterreich, etc.).

Im Sommer 1975 wechselte ich meinen Beruf und wurde Mittelschullehrer an der Kantonsschule Luzern. Seit 1976 bin ich fest gewählt und unterrichte Mathematik und Geographie an den Abteilungen Untergymnasium und Realgymnasium.

Im Herbst 1975 immatrikulierte ich mich an der Universität Zürich mit Studienrichtung Geographie. Die Prüfungen im Hauptfach Geographie legte ich im Frühjahr 1983 ab. Die vorliegende Dissertation entstand in den Jahren 1976 - 1983 unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. A. Bögli.

Vorlesungen und Praktikas besuchte ich bei folgenden Dozenten:

An der ETHZ, Abt. X:

E. Specker (Mathematik), H. Ulrich (Zoologie), V. Prelog, G. Schwarzenbach (Chemie), F. Laves (Mineralogie), F. Kobold (Vermessungskunde), J.P. Blaser, P. Scherrer (Physik), H. Gutersohn (Geographie), E. Kuhn-Schnyder, H. Rieber (Paläontologie), C. Burri, F. de Quervain, M. Grünenfelder (Petrographie), F. Gassmann, N. Pavoni, L. Rybach, M. Weber (Geophysik), E. Dal Vesco, A. Gansser, R. Hantke, H. Jäckli, W. Leupold, R. Trümpy (Geologie).

An der ETHZ, Abt. II:

P. Läuchli (Angewandte Mathematik), Ch. Wehrli (Mechanik), E. Imhof (Planzeichnen), B. Thürlimann (Baustatik, Massivbau), G. Dubas, F. Stüssi (Stahlbau, Brückenbau), H. Grob (Felsbau, Tunnelbau), M. Rotach (Strassenbau, Verkehrswesen), G. Schnitter (Grundbau), T. Dracos (Hydraulik), F. Balduzzi (Bodenmechanik).

An der Universität Zürich:

F. Bachmann, A. Bögli, H. Boesch, G. Dorigo, A. Dürst, E. Flütsch, G. Furrer, K.J. Graf, Th. Gutermann, H. Inhelder, H. Kishimoto, A. Leemann (Geographie).